FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1962

THÈSE

N° 1301

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLOME D'ETAT

PAR

Iside, Francine CESCUT
née le 20 Janvier 1927 au PRE-SAINT-GERVAIS (Seine)

Présentée et soutenue publiquement le : 1962

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA POLLUTION DE L'ATMOSPHERE DES VILLES ET DES MOYENS POUR LA PREVENIR.

Président : Mr. DEPARIS, Professeur

EDITIONS A. G. E. M. P. — 8, RUE DANTE - PARIS-V°

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1962 N°

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLOME D'ETAT

PAR

Iside, Francine CESCUT
née le 20 Janvier 1927 au PRE-SAINT-GERVAIS (Seine)

Présentée et soutenue publiquement le :

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA POLLUTION DE L'ATMOSPHERE DES VILLES ET DES MOYENS POUR LA PREVENIR.

Président : Mr. DEPARIS, Professeur

EDITIONS A. G. E. M. P. — 8, RUE DANTE · PARIS-V

1-2-1962

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Alajouanine (T.), Aubin (A.), Bénard (H.), Bulliard (H.), Cadenat (F.), Chabrol (E.), Champy (C.), Debré (R.), Fey (B.), Gastinel (P.), Halphen (E.), Hazard (R.), Heuyer (G.), Lantuejoul (P.), Laroche (G.), Lévy-Solal (E.), Lian (C.), Mathieu (P.), Mocquot (P.), Mondor (H.), Monod (R.), Moreau (R.), Moulonguet (P.), Olivier (E.), Pasteur Vallery-Radot, Petit-Dutaillis (D), Quénu (J.), Richet (C.), Senèque (J.), Strohl (A.), Tanon (L.).

DOYEN . . . . . Léon BINET.
Membre de l'Institut

1er ASSESSEUR . . . . . Jean VERNE
2e ASSESSEUR . . . . . Gaston CORDIER

I. — PROFESSEURS

1° CHAIRES DE SCIENCES FONDAMENTALES

a) Professeurs titulaires :

	MM.
Anatomie	DELMAS (A.)
Anatomie pathologique	DELARUE (J.)
Anesthésiologie	BAUMANN (J.)
Biochimie médicale	JAYLE (M.-F.) SCHAPIRA (G.)
Biologie appliquée à l'Education physique et aux Sports	CHAILLEY-BERT (P.)
Biologie médicale	FAUVERT (R.)
Cancérologie médicale et sociale	BERNARD (J.)
Embryologie	GIROUD (A.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie (Lariboisière)	N...
Histologie	VERNE (J.)
Hygiène et médecine préventive	JOANNON (P.)
Médecine du Travail	DESOILLE (H.)
Médecine légale	PIEDELIÈVRE (R.)
Microbiologie (Bactériologie et virologie)	FASQUELLE (R.)
Parasitologie	GALLIARD (H.)
Pathologie chirurgicale	HUGUIER (J.)
Pathologie exotique	LAVIER (G.)
Pathologie expérimentale et comparée	MERKLEN (F.-P.)
Pathologie médicale	MILLIEZ (P.)
Pathologie respiratoire	TURIAF (J.)
Pathologie et thérapeutique générales	BOUDIN (G.)
Pharmacologie	CHEYMOL (J.)
Physiologie	BINET (L.) BARGETON (D.)
Physiologie et pathologie obstétricale	LEPAGE (F.)
Physique médicale	DOGNON (A.) DJOURNO (A.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)
Technique chirurgicale et Chirurgie expérimentale	N...
Thérapeutique	CONTE (M.)

b) Professeurs à titre personnel :

Biochimie médicale	DESGREZ (P.) POLONOVSKI (J.)
Biologie médicale	BOURLIÈRE (F.)
Embryologie	TUCHMANN (H.)
Hygiène et médecine préventive	DEPARIS (M.)
Parasitologie	BRUMPT (L.-C.)
Pathologie chirurgicale	LAURENCE (G.)
Pharmacologie	LÉVY (Mlle J.)
Physiologie	PARROT (J.)
Physique médicale	KELLERSHOHN (L.)

2° CHAIRES DE SCIENCES CLINIQUES

a) Professeurs titulaires :

		MM.
Clinique carcinologique chirurgicale (Necker)		REDON (H.)
Clinique cardiologique (Broussais)		MOUQUIN (M.)
Cliniques chirurgicales	Beaujon	LORTAT-JACOB (J.-L.)
	Cochin	LEGER (L.)
	Hôtel-Dieu	PATEL (J.)
	Pitié	CORDIER (G.)
	Saint-Antoine	GOSSET (J.)
	Salpêtrière	SICARD (A.)
	Tenon	OLIVIER (Cl.)
Clinique de chirurgie infantile et orthopédique (Enfants Malades)		FÈVRE (M.)
Clinique chirurgicale orthopédique et réparatrice (Cochin)		MERLE d'AUBIGNÉ (R.)
Clinique de chirurgie cardio-vasculaire (Broussais)		GAUDART d'ALLAINES (F. de)
Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire (Laennec)		MATHEY (J.)
Clinique endocrinologique (Pitié)		DECOURT (J.)
Clinique de Génétique médicale (Enfants-Malades)		LAMY (M.)
Clinique gynécologique (Broca)		FUNCK-BRENTANO (P.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques (Saint-Louis)		DEGOS (R.)
Clinique des maladies des Enfants (Enfants-Malades)		CATHALA (J.)
Clinique des maladies infectieuses (Claude-Bernard)		MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale (Sainte-Anne)		DELAY (J.)
Cinique des maladies métaboliques (Necker)		HAMBURGER (J.)
Clinique des maladies du sang (Broussais)		MARCHAL (G.)
Clinique des maladies du système nerveux (Salpêtrière)		CASTAIGNE (P.)
Cliniques médicales	Boucicaut	LENÈGRE (J.)
	Broussais	SOULIÉ (P.)
	Cochin	JUSTIN-BESANÇON (L.)
	Cochin	BROUET (G.)
	Hôtel-Dieu	BARIÉTY (M.)
	Lariboisière	SÈZE (S. de)
	Pitié	DREYFUS (G.)
	Saint-Antoine	KOURILSKY (R.)
Clinique médicale d'hydrologie thérapeutique et climatologie (Bichat)		DEBRAY (C.)
Clinique médicale propédeutique (Broussais)		GENNES (L. de)
Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies de la nutrition (Hôtel-Dieu)		DEROT (M.)
Clinique de neuro-chirurgie (Pitié)		DAVID (M.)
Clinique neurologique (Salpêtrière)		GARCIN (R.)
Cliniques obstétricales	Baudelocque	LACOMME (M.)
	Foch (Suresnes)	MERGER (R.)
Clinique obstétricale et gynécologique (Port-Royal)		VARANGOT (J.)
Clinique ophtalmologique (Hôtel-Dieu)		RENARD (G.)
Clinique oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)		AUBRY (M.)
Clinique de pédiatrie et de puériculture (Saint-Vincent-de-Paul)		LELONG (M.)
Clinique de pédiatrie sociale (Enfants-Malades)		MARIE (J.)
Clinique de pneumo-phtisiologie (Laennec)		BERNARD (E.)
Clinique de neuro-psychiatrie infantile (Salpêtrière)		MICHAUX (L.)
Clinique de rhumatologie médicale et sociale (Cochin)		COSTE (F.)
Clinique stomatologique (Pitié)		DECHAUME (M.)
Clinique thérapeutique chirurgixale (Vaugirard)		ROUX (M.)
Clinique thérapeutique médicale (Saint-Antoine)		LEMAIRE (A.)
Clinique toxicologique		GAULTIER (M.)
Clinique traumatologique		PADOVANI (P.)
Séméiologie médicale		DOMART (A.)
Séméiologie et clinique chirurgicales		POILLEUX (F.)
Clinique urologique (Necker)		COUVELAIRE (R.)
Hygiène et clinique de la première enfance (Trousseau)		TURPIN (R.)

b) Professeurs à titre personnel :

Médecine	BOUR (H.) LHERMITTE (F.) PEQUIGNOT (H.)

II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE, PROFESSEURS AGRÉGÉS ET MAITRES DE CONFÉRENCES - AGRÉGÉS

	MM.
Anatomie	CABROL (C.) COUINAUD (C.) GILLOT (C.) OLIVIER (G.)
Anatomie pathologique	GAUTHIER-VILLARS (Mlle P.) pr. s. ch. ABELANET (R.) BUSSER (F.) CHOMETTE (G.) GOUYGOU (Ch.), m. conf. NEZELOFF (Ch.) ORCEL (L.) PAILLAS (J.)
Anesthésiologie	KERN (E.) VOURC'H (G.)
Bactériologie	BARBIER (P.) CHRISTOL (D.) LE MINOR (L.) TOURNIER (P.)
Biochimie médicale	BAULIEU Et. m. conf. BOURILLON (R.) CARTIER (P.) DREYFUS (J.-Cl.) GONNARD (P.) KRUH (J.) JEROME (H.)
Biologie appliquée à l'Education Physique et aux Sports	PLAS (F.)
Carcinologie	BOIRON (M.) DENOIX (P.) MATHE (G.) SELIGMANN (M.)
Dermato-Syphiligraphie	CIVATTE (J.) DUPERRAT (B.)
Electro-Radiologie	LEDOUX-LEBARD (G.)
Hématologie	BESSIS (M.) BILSKI-PASQUIER (G.) DAUSSET (J.) DUHAMEL (G.)
Histologie	COUJARD (R.), pr. s. ch. MAROIS (M.) RACADOT (J.)
Hydrologie	BESANÇON (F.) CORNET (A.)
Hygiène	BOYER (J.) pr. s. ch. BLANCHER (G.) CORRE-HURST (Mme L.) SAPIN-JALOUSTRE (H.)
Maladies infectieuses	BASTIN (R.) DUPONT (V.)
Médecine légale	DEROBERT (L.), pr. s. ch. FOURNIER (E.) GUENIOT (M.) HADENGUE (A.)
Médecine du travail	ALBAHARY (C.)
Neuro-chirurgie	PERTUISET (B.)
Obstétrique	GRANJON (A.) HERVET (E.) LE LORIER (G.) LEVY (J.) MORIN (P.) MUSSET (R.) ROBEY (M.) SENEZE (J.) SUREAU (C.) THOYER-ROZAT (J.)
Ophtalmologie	BRÉGEAT (P.) DUBOIS (A.) SARAUX (H.)

	MM.
Orthopédie	JUDET (R.) MEARY (R.) POSTEL (M.) RAMADIER (J.)
Oto-rhino-Laryngologie	DEBAIN (J.) PIALOUX (P.)
Parasitologie	GOLVAN (Y.) LAPIERRE (J.)
Pathologie chirurgicale	BARCAT (J.) BINET (J.-P.) CAUCHOIX (J.) CERBONNET (G.) CHATELIN (C.-L.) DUBOST (Ch.) DUBOST (Cl.) FAUREL (J.) FLABEAU (F.) GARBAY (M.) GARNIER (H.) (Cl. de) GAUDART-d'ALLAINES GERMAIN (A.) LATASTE (J.) LEVEQUE (B.) LOYGUE (J.) MERCADIER (M.) NATALI (J.) PELLERIN (D.) PERROTIN (J.) ROBERT (H.) THOMERET (G.)
Pathologie exotique	SCHNEIDER (J.)
Pathologie expérimentale	BENHAMOU (J.-P.) BERTHAUX (P.) BOIVIN (P.) CROSNIER (J.) HARTMANN (L.) LŒPER (J.) MAURICE (J.) MIKOL (Cl.) RICHET (G.)
Pathologie médicale	AUSSANNAIRE (M.) BOUVIER (J.) BOUVRAIN (Y.) BRICAIRE (H.) BRISSAUD (H.) BROCARD (H.) BUGE (A.) CATINAT (J.) CHRÉTIEN (J.) COBLENTZ (B.) CONTAMIN (F.) COURY (C.) ÉTIENNE (J.-P.) FREZAL (J.) FRITEL (D.) HENNEQUET (A.) HIMBERT (J.) HOUSSET (E.) LAROCHE (Cl.) LESOBRE (R.) MACREZ (C.) MOREAU (L.) NICK (J.) ROYER (P.) TOURNEUR (R.) WOLFROMM (R.)
Pédiatrie-Puériculture	JOSEPH (R.) LAFOURCADE (J.) LEPERCQ (G.) MANDE (R.) MOZZICONACCI (P.) POLONOVSKI (C.) ROSSIER (A.) VIALATTE (J.)

	MM.
Pharmacologie	BOISSIER (J.) LECHAT (P.)
Physiologie	BARRES (G.) DEJOURS (P.) DURAND (J.) GIRARD m. conf. HUGELIN (A.) SCHERRER (J.)
Physique médicale	CHANTEUR (J.) GOUGEROT (L.), m. conf. pr. s. ch. GREMY (F.) m. conf. MILHAUD (G.) PELLERIN (P.) ROUCAYROL (J.-Cl) TUBIANA(M.) m.conf.
Pneumo phtisiologie	KREIS (B.) MEYER (A.) RENAULT (P.)
Psychiatrie	PICHOT (P.)
Psychiatrie infantile	DENIKER (P.) DUCHE (D.) FLAVIGNY (H.) LAPRESLE (J.)
Rhumatologie	DELBARRE (F.)
Stomatologie	CERNEA (P.) CHAPUT (Mme A.) m. c. agr. GRELLET (M.)
Thérapeutique	CHASSAGNE (P.) LAMOTTE (M.) MARCHE (J.)
Urologie	AUVERT (J.) MOULONGUET (A. QUENU (L.)

III. — PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE à titre permanent.

	MM.
Anatomie	DEBEYRE (J,)
Clinique chirurgicale	ABOULKER (P.) AMFLINE (A), pr. s. ch. VERNE (J.-M.)
Clinique médicale	PERRAULT (M.) RAMBERT (P.) THIEFFRY (S.)
Clinique obstétricale	GRASSET (J.) MAYER (M.)
Clinique ophtalmologique	DESVIGNES (P.) OFFRET (G.)
Clinique oto-rhino-laryngologique	MADURO (R.)
Clinique pédiatrique et puériculture	LAPLANE (R.)
Clinique psychiatrique	BARUK (H.)
Clinique urologique	KUSS (R.)

IV. — PROFESSEURS DÉTACHÉS DANS LES UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES

Bactériologie	HAUDUROY (P.) Pr. s. ch.
Pathologie chirurgicale	RUDLER (J.) Pr. s. ch.

V. - CHARGÉS DE COURS D'HYGIÈNE SCOLAIRE ET UNIVERSITAIRE: BOLTANSKI (E.), LAUNAY (C.)

Secrétaire général de la Faculté	M. LENA (J.)
Secrétaire principal	Mlle CHAINTREUIL (G.)
Conservateur en Chef de la Bibliothèque Conservateur du Musée d'Histoire de la Médecine	M. le Docteur HAHN (A.)
Conservateur	Mlle DUMAITRE (P.)
Bibliothécaires	Mmes CONTET (J.), FORGET (F.), Mlles LAURENT (H.), LE NOIR (G.), QUIÉVREUX (E.)

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A mes Parents

avec ma profonde reconnaissance

A mon Fiancé

en témoignage d'affection

A ma Famille

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552023_0021

A Monsieur le Professeur Maurice DEPARIS

Professeur à la Faculté de Médecine de Paris

Médecin des Hôpitaux

Chevalier de la Légion d'Honneur

qui m'a fait le grand honneur
d'accepter la présidence de
cette thèse

en témoignage de
ma respectueuse reconnaissance

A mes Maîtres de la Faculté de Médecine

et des Hôpitaux de Paris

Gilbert CESBRON, dans son livre "AVOIR ETE", écrit à propos de l'atmosphère polluée des villes:

"D'ici à vingt ans, Paris sera devenu irrespirable. Impossible d'y demeurer longtemps: on viendra y faire fortune ..... et puis on rentrera se soigner."

Ce problème est fort ancien.

Déjà au XIIIième siècle, en Angleterre, un Edit royal interdisait l'usage du charbon domestique pendant les sessions du Parlement. Cette loi fut sévèrement appliquée puisqu'on rapporte qu'un sujet anglais fut pendu pour y avoir contrevenu.

En France, en 1382, un Edit de Charles VI interdisait l'émission de "fumées malodorantes et nauséabondes".

En 1510, les médecins de Rouen se plaignaient de la pollution produite par le "charbon de la terre" et suggéraient des mesures à prendre contre ce fléau.

Mais, en fait, c'est seulement depuis le début du XXième siècle que l'on s'est réellement préoccupé des dangers que présentait la pollution atmosphérique pour les populations et que l'on a recherché les moyens de la prévenir. Le développement industriel à partir de cette époque a créé un changement de mode de vie. Il y a cent ans, on comptait dans le monde une personne sur 80 qui vivait dans une ville de plus de 100.000 habitants. Aujourd'hui, cette proportion est de une personne sur 8 et, dans les pays très industrialisés de 1 sur 2.

L'importance de ce problème est telle que l'Organisation Mondiale de la Santé s'est à son tour préoccupée de la question et a tenu à Milan, en novembre 1957, une conférence qui a groupé 22 pays européens et les U.S.A. Cette réunion a établi les grandes lignes d'un programme en vue d'intensifier la lutte pour réduire au minimum les risques croissants de la pollution de l'air. Pour grouper les connaissances en ce domaine, vingt experts représentant quatorze nations, se sont réunis à Copenhague en décembre 1960, en un symposium organisé par l'O.M.S. et ont discuté des problèmes posés par la pollution atmosphérique et son retentissement sur l'organisme humain.

DEFINITION

On dit qu'il y a pollution atmosphérique chaque fois que l'air voit sa composition s'éloigner sensiblement de celle de l'air pur par une modification, soit quantitative d'un ou plusieurs de ses constituants, soit qualitative avec l'apparition d'éléments anormaux. Telle est la définition donnée par A. CARAYON-GENTIL, H. GRISOLLET, H. JUMEL et J. PELLETIER, dans les Annales de l'Institut d'Hygiène et de Climatologie. (1)

La composition moyenne de l'air, sans vapeur d'eau, est la suivante:

Azote	78,03 %
Oxygène	20,99 %
Argon	0,94 %
Anhydride carbonique	0,03 %
Hydrogène	0,01 %
Néon	0,0012%
Helium	0,0004%
Krypton	0,00005%
Xénon	0,000006%

Les polluants de l'air passent par trois stades :

1 - la phase d'émission:

Ils sont à ce moment-là en forte concentration et peuvent déterminer des intoxications ou nuire à la santé des personnes, soit travaillant sur le lieu de production, soit habitant dans le voisinage. La surveillance, à ce stade, dépend du contrôle des Etablissements Classés

2 - la phase de suspension dans l'atmosphère:

la diffusion et, de ce fait, la dilution des polluants dépendent en grande partie des facteurs météorologiques. Les intoxications sont rares, de caractère mal défini, mais cependant collectif.

3 - la phase de sédimentation:

Une fois émis dans l'atmosphère les polluants se fixent sur le sol, les objets, les végétaux ,etc,.. et indirectement sur les êtres vivants par fixation sur les feuilles des végétaux. C'est à ce stade que sont recueillis les polluants; mais, c'est surtout le deuxième qui constitue la pollution atmosphérique atteignant le plus grand nombre d'individus.

---

(1) Tome XXVIII, 1, n° 82 - 1957

Les principaux agents chimiques responsables de la pollution atmosphérique sont les suivants:

- les dérivés du soufre : SO_2 , SO_3 , SO_4H_2 , SH_2 ...
- l'oxyde de carbone ,
- l'ozone ,
- les dérivés fluorés : SiF_4 , HF , F_6SiH_2 et leurs sels
- les poussières minérales dérivées de l'arsenic , du sélénium, du plomb , du silicium, du fer, etc...
- les hydrocarbures volatils, aliphatiques et aromatiques et leurs produits d'oxydation: aldéhydes, cétones, acides, peroxydes ...
- les composés d'odeur désagréable : mercaptans, amines...
- les suies et les produits de combustion incomplète susceptibles de renfermer des hydrocarbures aromatiques polycycliques,
- les poussières provenant de l'usure des pneus des véhicules automobiles et des routes goudronnées ou asphaltées, ainsi que divers déchets organiques.

Les principales sources de la pollution de l'atmosphère peuvent se classer en trois rubriques:

1°) Les produits de combustion des foyers domestiques et industriels.

2°) Les déchets industriels gazeux ,liquides ou solides éliminés sous forme de gaz, aérosols, buées, fumées ou poussières.

3°) Les produits provenant de la combustion des carburants dans les moteurs de véhicules automobiles.

On attribue 52% de la pollution aux foyers domestiques, 23% aux foyers industriels et 25% aux véhicules automobiles.

C'est dans les grandes villes industrielles que les causes favorables à la pollution atmosphérique se trouvent réunies, là précisément où existe une forte densité de la population. Or, il passe dans les poumons d'un être humain 15 kilogrammes d'air par 24 heures.

LES PRODUITS DE COMBUSTION DES FOYERS DOMESTIQUES ET INDUSTRIELS

Dans une ville importante, comme Paris, on considère que les foyers domestiques évacuent plusieurs centaines de tonnes de cendres, sous forme de poussières, par jour, et émettent une proportion de fumée égale à la totalité de celle provenant de l'industrie et de la S.N.C.F.

Les dépôts totaux de poussières au sol mesurés par le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Parisont été de 6 g/m2 par mois, au cours de ces dernières années.

Un spécialiste anglais de la pollution (A.R. HEETHAN) a calculé qu'en hiver une agglomération de 380 habitants envoyait dans l'air une tonne de fumée et autant de gaz sulfureux (le charbon contient environ 0,5 à 1% de soufre).

A Paris même, on a recensé environ 500.000 poêles à charbon, 250.000 cuisinières à charbon et 335.000 logements pourvus de chauffage central individuel. Ces installations, échappant à tout contrôle et étant le plus souvent mal réglées, produisent en moyenne deux à trois fois plus de fumée que les foyers industriels qui consommeraient la même quantité de combustible. De ce fait, on constate que, depuis le début du siècle, l'insolation a diminué de 25% car une véritable "boue atmosphérique", selon le langage des aviateurs, plane au-dessus de la capitale.

Mais à côté des poussières constituées de particules solides provenant surtout des combustions (les cendres), il existe aussi dans les fumées des "imbrûlés" qui constituent les éléments essentiels de la suie et dans lesquels on trouve jusqu'à 30% de goudrons et de carbures d'hydrogène divers. Or la quantité d'imbrûlés est fonction la qualité des appareils de chauffage et du tirage des cheminées. Actuellement, le mazout (ou fuel) remplace de plus en plus le charbon pour l'alimentation des chaudières de

chauffage central. Si, de ce fait, la production des imbrûlés et des suies a fortement diminué, l'anhydride sulfureux, par contre, est produit en grande quantité, les fuels habituellement utilisés contenant, en moyenne, de 1% de soufre (fuel domestique) à 3% de soufre (fuel lourd).

A Paris, le chauffage au mazout est surtout très répandu dans les quartiers résidentiels. Les teneurs en anhydride sulfureux y sont très fortes, dépassant celles de certaines banlieues parisiennes très industrialisées.

Si l'on se reporte aux statistiques de l'I.N.S.E.E. concernant la consommation du fuel utilisé pour le chauffage domestique, on note un total de 758.000 tonnes de fuel contenant de 1% à 3% de soufre, soit un total de 37.700 tonnes de SO_2 répandu dans le département de la Seine. L'industrie, pour sa part, en a émis 49.000 tonnes: 43% de la production d'anhydride sulfureux provient donc du chauffage domestique. Si l'on se base sur 200 jours de chauffage par an; on obtient une moyenne journalière de 300 tonnes alors qu'elle n'est que de 280 tonnes pour l'industrie. Au cours de la période hivernale, le chauffage des locaux est cause de 60% de la pollution atmosphérique en anhydride sulfureux.

En outre, il est consommé pour le chauffage, 2.250.000 tonnes de charbon qui contient en moyenne 1% de soufre. Là encore il y a production de 35 à43.000 tonnes de SO_2 par an.

La production des fumées et gaz provenant du fonctionnement des foyers domestiques est réglementée, notamment par l'article 26 bis du Règlement Sanitaire de la Seine (1er mars 1940):

"Tous les foyers, quels que soient leur importance et le combustible employé, "devront être disposés et entretenus, ainsi que leurs accessoires, de mani-"ère à ne provoquer aucune insalubrité, odeur ou incommodité pour le voisi-"nage, notamment pour la production de fumée, la projection de flammèches "ou de suies et l'émission de gaz toxiques ou corrosifs".

Mais, en pratique, on se heurte pour son application à des problèmes financiers. Il n'est pas toujours facile d'obliger, par exemple, les propriétaires à prolonger les conduits de cheminées pour assurer le bon tirage des appareils de chauffage.

Les installations de chauffage utilisant le fuel sont soumises à l'arrêté préfectoral du 23 juillet 1936 (article 27):

"Les orifices des conduits d'évacuation des produits de la combustion se-"ront éloignés des fenêtres d'habitation et élevés à une hauteur suffisante "au-dessus des souches des cheminées voisines et disposés de telle manière "que l'évacuation de ces produits ne puisse causer ni incommodité, ni insa-"lubrité aux habitants de l'immeuble ou du voisinage."

Le 2 août 1961, le gouvernement a voté une loi très importante "relative à la lutte contre les pollutions atmosphériques et les odeurs".

En attendant les décrets d'application, en cours d'élaboration, un arrêté préfectoral a été promulgué le 13 Octobre 1961, dont les principaux articles sont les suivants:

Article 1er - Dans le département de la Seine, le propriétaire ou usager de toute installation de chauffage domestique doit utiliser le combustible approprié et conduire le ou les feux de manière à obtenir une combustion satisfaisante.

Les installations collectives doivent être revisées et éventuellement remises en état au moins une fois l'an, avant la reprise du chauffage, par un installateur ou artisan qualifié. Des dispositifs convenables seront placés sur les carneaux et conduits de fumée, portes de foyers, cendriers, etc.. afin de permettre le passage des sondes d'appareils d'analyse des gaz et de contrôle de la combustion.

Article 2 - Dans les chaufferies collectives destinées au chauffage des locaux ou aux services d'eau chaude, pour remédier pendant le régime normal aux émissions des suies, fumerons, ou poussières susceptibles de se répandre dans l'atmosphère et pour les limiter pendant l'allumage ou le décrassage des foyers à marche continue ou pendant la reprise de régime des foyers à marche intermittente, le propriétaire ou usager sera tenu de mettre en oeuvre des moyens de réglage sur les appareils ou de placer des dispositifs appropriés dans le circuit des produits de combustion.

Article 3 - Pour l'application de l'article 2 du présent arrêté, un délai est accordé jusqu'au 1er octobre 1963.

Une circulaire, en date du 10 novembre 1961 a été adressée aux Maires des communes suburbaines de la Seine les informant de la nécessité d'intensifier, dès la reprise de l'allumage des feux, la lutte contre la pollution atmosphérique due aux foyers domestiques. Elle souligne que "l'un des moyens les plus efficaces de parvenir au résultat escompté consiste à réaliser une combustion aussi parfaite que possible en utilisant un combustible dont la qualité et les caractéristiques conviennent à la chaudière ou à l'appareil et par une conduite rationnelle du foyer.

Elle indique, en outre, que les appareils incinérateurs d'ordures ménagères existant dans les immeubles d'habitation doivent être proscrits lorsque leur fonctionnement provoque des émissions de suies et de poussières.

Elle insiste sur la nécessité du ramonage des cheminées (conformément aux Ordonnances de Police de 1959 qui imposent aux moins deux ramonages annuels) et sur la révision et la réparation annuelles des conduits.

LES FUMEES INDUSTRIELLES

La première loi réglementant l'émission des fumées industrielles remonte à Napoléon ler. C'est en effet le décret impérial du 15 octobre 1810 qui classe les "manufactures et ateliers qui répandent une odeur insalubre et incommode" en trois classes, selon le degré de nuisance pour leur voisinage. On voit que le législateur s'est préoccupé très tôt de la pollution de l'atmosphère par l'industrie.

Depuis, toute une série de lois, dites "des établissements classés" a été codifiée, dont la plus importante est celle du 19 décembre 1917.

Les établissements industriels sont classés en trois catégories, suivant la gravité des inconvénients présentés par leur exploitation. Dans la première classe se trouvent les établissements qui doivent être éloignés des habitations; dans la seconde, ceux dont l'éloignement des habitations n'est pas rigoureux; les établissements de la troisième classe ne peuvent présenter d'inconvénients que pour leur voisinage immédiat; ils ne font l'objet que d'une simple déclaration à la Préfecture quoique certains d'entre eux soient assimilés à ceux de la deuxième classe et ne puissent ainsi être installés qu'après autorisation préfectorale. Les établissements de 1ère et 2ème classes (et assimilés) ne peuvent s'implanter dans les zones réservées à l'habitation. Pour les établissements construits antérieurement à l'existence de ces zones, l'autorisation peut leur être retirée après trente ans d'activité. Cette loi est devenue nécessaire car des villes entières sont apparues autour des établissements classés puisqu'aucun texte législatif n'empêche la construction d'habitations autour de ceux-ci.

Ce sont les Inspecteurs des établissements classés qui déterminent le classement, proposent les conditions d'exploitation, s'assurent de leur exécution et font respecter la loi. Les sanctions vont de l'injonction verbale à l'interdiction.

Datant de plus de 44 ans, cette loi ne cadrait plus avec le développement industriel. Aussi une loi a-t-elle été votée le 2 août 1961 "relative à la lutte contre les pollutions atmosphériques et les odeurs et portant modification de la loi du 19 décembre 1917":

"Les immeubles, établissements industriels, commerciaux, artisanaux "ou agricoles, véhicules ou autres objets mobiliers possédés, exploités ou "détenus par toutes personnes physiques ou morales, devront être construits, "exploités ou utilisés de manière à satisfaire aux dispositions prises en "application de la présente loi afin d'éviter les pollutions de l'atmosphère "et les odeurs qui incommodent la population, compromettent la santé et la "sécurité publique, ou nuisent à la production agricole, à la conservation "des constructions et monuments ou au caractère des sites".

Les industries susceptibles de polluer l'atmosphère

Les industries ne sont pas toutes susceptibles d'être considérées comme des facteurs de pollution atmosphérique. Ainsi certaines odeurs (fabriques de parfums, de colle) ne sont pas dangereuses, de même que les buées.

La pollution de l'atmosphère par les industries intéresse surtout les cas où les produits dispersés peuvent avoir des effets nuisibles sur des étendues importantes.

a) fumées et poussières - Dans la plupart des cas, l'industrie emprunte l'énergie dont elle a besoin au charbon et au fuel. Les foyers mal réglés rejettent dans l'air les imbrûlés composés de charbon, goudrons, oxyde de carbone, gaz carbonique, anhydride sulfureux, ainsi que des tonnes de poussières.

Ainsi une centrale thermique consommant par mois 50.000 tonnes de charbon d'une teneur en soufre de 1% (et donnant en moyenne 15% de cendres), émet, par jour, plus de 30 tonnes d'anhydride sulfureux et 250 tonnes de cendres, dont 50 se dispersent dans un rayon de 5 kilomètres; les centrales thermiques sont responsables de 11,5% des dépôts de poussières de la région parisienne et de 16% des émissions d'anhydride sulfureux. Les fumées et poussières sont donc très facilement produites par les industries. Aussi le législateur s'est-il efforcé de réduire leur émission. Depuis juillet 1898, une ordonnance du Préfet de Police interdit de produire "une fumée noire, épaisse et prolongée pouvant atteindre les habitations voisines et infecter l'atmosphère des rues de Paris".

Mais c'est la loi MORIZET du 20 avril 1932 qui réglementait vraiment les émissions de fumées. En effet, l'article premier stipulait :

"Il est interdit aux établissements industriels, commerciaux ou administra-
"tifs d'émettre soit des fumées, soit des suies, soit des poussières, soit
"des gaz toxiques ou corrosifs, susceptibles d'incommoder le voisinage
"ou de polluer l'atmosphère ou de nuire à la santé ou à la sécurité publi-
"ques, à la production agricole, à la bonne conservation des monuments
"ou à la beauté des sites".

Elle s'appliquait aux foyers brûlant plus de 20 kilogrammes de combustibles à l'heure. L'opacité des fumées ne devait pas dépasser "l'échelle n° 1 de l'opacimètre Ringelmann" constitué de quatre cartons recouverts de quadrillages sur fond noir. Elle interdisait l'émission de gaz renfermant plus de 1% d'oxyde de carbone ou plus de 1,5 à 2 grammes de poussières par mètre-cube et une émission globale de plus de 300 kg à l'heure.

Mais cette loi est restée souvent lettre morte parce que l'imprécision de ses termes a empêché que fussent prises des mesures d'exécution efficaces.

La nouvelle loi du 2 août 1961 renforcera sans aucun doute les mesures indispensables pour limiter l'émission des fumées et des poussières.

Outre les combustions, il convient d'ajouter d'autres sources de production de poussières :

- les cimenteries qui en produisent un gros tonnage,

- l'électrométallurgie de l'aluminium, source de production de cryolithe ou fluoroaluminate de sodium, avec possibilité de dégagement d'acide fluorhydrique. Le danger du fluor se trouve aussi dans la fabrication des superphosphates naturels ou des os (cachexie des bovins, moutons et chèvres d'Afrique du Nord par pollution du fourrage par les poussières des phosphates naturels),

- les industries métallurgiques utilisant des fours à tous combustibles et dégageant des oxydes métalliques, oxydes d'arsenic ou d'antimoine, des sels de manganèse, etc...

- toutes les opérations de fonderie, de traitement des matières minérales et organiques qui peuvent être facteurs de phénomènes allergiques et jusqu'à l'incinération des ordures ménagères qui fournit de grosses quantités de poussières.

De ce fait, alors qu'à la montagne, il ne tombe qu'une quantité négligeable de poussières, à la campagne on trouve 3 kg/100 mètres carrés, en ville 20 kg/100 mètres carrés et en zone industrielle 60 kg/100 mètres carrés, et par an.

b) Odeurs et émanations nocives - Beaucoup d'odeurs, surtout celles qui résultent de la fermentation de matières animales ou végétales ne sont pas dangereuses. Elles sont soit simplement gênantes, soit à l'origine d'asthme ou de migraine comme, par exemple, les odeurs de l'industrie des parfums.

Les dépôts d'ordures et d'immondices peuvent être nuisibles car le vent peut en disperser les microbes qui s'y trouvent.

De nombreuses émanations d'industries peuvent être dangereuses. Il importe donc que la technique réussisse à récupérer au maximum les produits de dégradation. Les vapeurs nitreuses, par exemple, déjà toxiques à la dose de $2,5 \times 10^{-5}$ sont facilement récupérables. Les émanations sulfureuses, par contre, sont plus difficiles à détruire.

Tous les combustibles solides ou liquides contenant une plus ou moins grande quantité de soufre, la formation d'anhydride sulfureux est la cause la plus importante de pollution atmosphérique résultant des combustions. La nocivité de ce gaz se manifeste dès que sa concentration atteint 2×10^{-5}, à laquelle s'ajoute d'ailleurs celle de l'acide sulfurique q'il donne dans l'air humide. Ces composés s'ionisent très facilement et servent de noyaux de condensation à la vapeur d'eau, contribuant ainsi largement à la formation et à la stabilisation des brouillards. Ainsi la première manifestation des accidents aigüs du "smog" est l'irritation de l'appareil respiratoire.

Moyens techniques utilisés pour limiter la pollution de l'atmosphère par les industries

La solution est assez facile à appliquer pour les fumées des foyers de combustion:

- installations conformes aux besoins et soigneusement entretenues,

- alimentation en combustible et en air convenablement réglée,

- qualité du combustible,

- chauffeur expérimenté pouvant suivre par une vitre ou une glace bien placée la couleur des fumées sortant de la cheminée,

- déprimomètre de foyer et pyromètre à la sortie de la cheminée qui renseignent sur le tirage et la température des fumées,

- foyers à chargement et à conduite automatiques,

- utilisation des capte-suies qui permettent la récupération du noir de fumée utilisé comme pigment, mais qui doivent être fréquemment nettoyés

- emploi, si possible, de combustible sans fumée : coke, gaz de ville ou électricité,

Quant aux poussières, on arrive, dans les meilleures conditions, à les retenir dans la proportion de 90 à 95%, même dans le cas de particules très fines.

De très nombreux procédés sont utilisés: les dépoussièreurs à eau, la précipitation par ultrasons ou électrofiltres (type Cottrel), procédés qui ont un bon rendement. En vue de limiter la dispersion des poussières, certaines précautions sont prises: travail en vase clos, transport des poudres en citernes, mise en suspension immédiate ou en solution des liquides,etc...

Le Professeur LESPAGNOL de Lille signale un cas qui peut servir d'exemple: une fabrique d'acide chromique à l'alentour de laquelle on dosait 27 milligrammes de chrome pour 100 grammes de végétal à 800 mètres de distance; après installation d'appareils de dépoussiérage adéquat il n'existait plus que des traces indosables et ceci même à 100 mètres de l'usine.

L'Ecole de Chauffe de la région parisienne s'efforce de donner aux conducteurs de chaudières la formation nécessaire pour assurer la combustion complète, aboutissant ainsi à une notable diminution de la pollution atmosphérique tout en réalisant une économie substantielle de combustible.

Un feu bien conduit dans un foyer approprié au combustible consommé laisse dégager à la cheminée une petite fumée grise continue, constituée exclusivement de produits non nocifs: azote, gaz carbonique, vapeur d'eau et cendres (fines poussières de constitution minérale : carbonates, sulfates, phosphates, silicates alcalins et alcalino-terreux, silice).

Dans ce domaine, de très beaux résultats sont obtenus sur les navires, dont les cheminées n'émettent pas d'imbrûlés(sauf aux courts instants de changement de régime), ceci par souci d'hygiène (salubrité et propreté), le vent risquant à chaque instant de rabattre des émissions nocives (odeurs, SO_2 , suies ...). Rappelons que le combustible utilisé sur les navires est un fuel moyen (moteurs diesel) ou lourd (chaudières), riches en composés soufrés. L'exemple le plus récent en est le Paquebot "France": des ailerons ont été placés de chaque côté de ses 2 cheminées afin de créer, par suite du vent relatif, un mouvement ascendant qui empêche de façon efficace la retombée des produits de combustion provenant du fuel lourd brûlé dans ses chaudières.

Dans un autre ordre d'idée, l'industrie nucléaire représente aussi un exemple-type du degré de perfectionnement atteint pour la protection contre les émanations dangereuses.

POLLUTION DE L'ATMOSPHERE ET RADIOACTIVITE

La pollution atmosphérique par la radioactivité est produite par les gaz radioactifs en eux-mêmes (radon et thoron), ainsi que par des poussières et aérosols radioactifs, en eux-mêmes ou par adsorption de gaz radioactifs.

Les corps radioactifs présents dans l'atmosphère peuvent s'y trouver naturellement, et on ne pourrait parler de pollution, ou être créés par la technique humaine, puis dispersés dans l'atmosphère, localement autour de mines d'uranium, de laboratoires "chauds", de piles atomiques, ou à distance: retombées radioactives d'explosions nucléaires. Ces gaz, poussières et aérosols risquent de créer des troubles pathologiques graves, en particulier des tumeurs malignes des bronches , ainsi que des intoxications dûes à certains de ces corps (plutonium et uranium), par diffusion des poussières dans la circulation sanguine.

La radioactivité atmosphérique est mesurée de façon systématique et continue dans toute la région entourant chaque laboratoire et chaque pile du C.E.A.: l'air aspiré est filtré sur papier-filtre spécial en déroulement continu, permettant de mesurer la radioactivité des poussières quelques minutes et quelques heures après la prise, afin de pouvoir différencier les différentes origines de cette radioactivité. Les gaz radioactifs sont préalablement fixés sur carbone pulvérulent, selon une technique voisine de la chromatographie. Le plus célèbre de ces appareils, fonctionnant sans sur-

veillance et pouvant déclencher l'alerte à distance est surnommé "Babar" par suite de sa ressemblance avec un éléphant (figure n° 4). Ces appareils peuvent être très sensibles : de un pour cent à un pour mille de la dose maximale que peut supporter le personnel du C.E.A., elle-même dix fois plus grande que celle concernant l'ensemble de la population.

Le minerai d'uranium, stocké sur le carreau des mines, dégage continuellement du radon et du thoron: il est une des sources locales de radioactivité.

Les piles peuvent être refroidies par l'air qui, bombardé de neutrons, devient radioactif mais dont seul l'argon ^{41}A présente une activité notable. Etant un gaz rare, le seul moyen de s'en débarrasser consiste à l'évacuer dans l'atmosphère par une très haute cheminée. Par ailleurs, la rupture accidentelle d'une gaine d'uranium, quoique détectée par des dispositifs spéciaux, peut provoquer la dispersion de poussières d'oxyde d'uranium très actives et très toxiques, mais qui peuvent être arrêtées par un filtre à grand rendement placé en permanence entre le réacteur et la cheminée et dont l'efficacité est mesurée en permanence par comparaison des radioactivités amont et aval.

Les problèmes posés par les laboratoires "chauds", où sont manipulés en permanence des produits radioactifs, sont les mêmes, mais avec naturellement des doses de rayonnement plus faibles que ceux des piles.

Les retombées radioactives d'explosions nucléaires lointaines sont surtout ramenées au sol par les eaux de pluie dont on mesure la radioactivité. Jusqu'à présent, celle-ci reste faible , du même ordre de grandeur que la radioactivité naturelle de l'atmosphère. Cette radioactivité naturelle de l'atmosphère dépend du lieu géographique, selon la teneur de la région en roches radioactives; la région parisienne est l'une des plus pauvres.

Dans tous les cas, radioactivité naturelle ou créée par l'homme, il importe de noter l'importance considérable du phénomène météorologique connu sous le nom d'inversion de température. Celle-ci empêchant les gaz et poussières de se disperser dans l'atmosphère, la radioactivité au niveau du sol peut devenir dix fois plus forte que normalement, atteignant la zone d'alerte.

S'il n'est pas possible de lutter contre la radioactivité naturelle, la lutte contre la pollution atmosphérique proprement dite est poussée à un très haut degré : dispositifs de protection : cheminées très hautes (plus de cent mètres), filtres à poussières à très grand rendement et constamment surveillés, dispositifs de sécurité nombreux arrêtant immédiatement toute l'installation en cas de dépassement des limites permises; dispositifs de mesure de grande sensibilité qui, répartis dans toute la région entourant le "centre de pollution", peuvent souvent communiquer leurs mesures à distance et toujours télécommander les dispositifs de sécurité. Des études sont effectuées sans cesse en vue d'accroitre la sensibilité des appareils de mesure car il est probable que les doses maximales de tolérance seront diminuées dans l'avenir. Dans le cas de la pollution atmosphérique par radioactivité artificielle, on peut donc raisonnablement affirmer que les mesures prises pour protéger la population sont suffisantes et efficaces.

PROGRAMME D'ETUDE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE DE LA REGION PARISIENNE

Le Laboratoire d'Hygiène de la ville de Paris dispose, depuis 1954, de nombreux postes de surveillance qui lui permettent d'effectuer la mesure systématique des polluants en suspension dans l'air de la région parisienne. Des appareils de captation dits "appareils standards volumétriques" pour la mesure journalière de la fumée et du SO_2 sont en fonctionnement aux emplacements suivants:

- 2 au Laboratoire d'Hygiène (près de la place du Châtelet)
- 2 à la Tour St-Jacques (les prélèvements ont ainsi lieu à 50 mètres du sol)
- 1 à Antony (zone résidentielle)
- 1 à St-Denis, zone résidentielle et industrielle
- 1 à la station de métro "Goncourt" à Paris, quartier populaire
- 1 à Issy-les-Moulineaux, zone résidentielle et industrielle
- 1 à la porte de la Chapelle, proche d'un dépôt de locomotives
- 1 à Montreuil, zone résidentielle et de moyenne industrie
- 1 au réservoir de Passy, quartier résidentiel à 1 km du bois de Boulogne
- 1 à Colombes, zone résidentielle et industrielle (une centrale électrique importante à 1 kilomètre)

Deux stations ont été implantées en 1958 :

- 1 à Gennevilliers, quartier résidentiel (centrale thermique importante à 2,3 kilomètres)
- 1 à l'Hôpital Beaujon, quartier surtout industriel.

De plus, deux nouvelles stations ont été créées à partir d'octobre 1960.

Appareils de mesure : l'air, aspiré par une pompe à membrane à débit constant, est dépoussiéré par passage à travers un filtre en papier ou en laine de téflon; il barbotte ensuite dans une solution diluée d'eau oxygénée, puis est refoulé dans un compteur à tiroir de type sec (figure n° 2)

Résultats des mesures : Chaque appareil est visité chaque jour, dans le courant de l'après-midi; il permet de connaître les taux moyens de l'empoussièrement et de l'acidité forte de l'air durant la période écoulée de 24 Heures.

Les résultats portent sur trois éléments :

l'anhydride carbonique CO_2, l'anhydride sulfureux SO_2 et les fumées.

1° - Anhydride carbonique (mesuré au centre de Paris)

Les taux moyens extrêmes vont de 300 p.p.m. à 579 p.p.m. (parties par million

La moyenne mensuelle est de 322 p.p.m. à 432 p.p.m.

Mais, par temps de "smog", on a enregistré des pointes de 900 p.p.m.

Les moyennes enregistrées ont montré que depuis 50 ans le taux de CO_2 à Paris a triplé. Ce gaz n'est pas toxique par lui-même mais il est le témoin fidèle du taux de la pollution atmosphérique en général.

2° - Anhydride sulfureux

Les moyennes journalières du taux de SO_2 varient de 0 à 0,695 p.p.m.

Les moyennes mensuelles sont de 0,004 p.p.m. à 0,332 p.p.m.

On a enregistré des pointes supérieures à 1 p.p.m. par temps de brouillard.

3° - Fumées

Les moyennes journalières varient de 10 à plus de 1.000 microgrammes/m3 d'air.

Les moyennes mensuelles sont de l'ordre de 27 à 476 microgrammes/m3 d'air.

Lors de la période de brouillard de Février 1959, on a enregistré des taux supérieurs à 1 milligramme/m3 d'air.

Toutefois l'empoussièrement de Paris est bien moindre que celui de certaines villes anglaises, Londres ou Glasgow, par exemple.

Parmi ce poids global de poussières, il est intéressant de noter le pourcentage de goudrons (extractibles par le benzène) qu'elles contiennent:

38% environ pendant le mois de janvier et seulement 14% pendant le mois de juillet.

Répartition des polluants dans le temps

Elle peut subir une influence directe : inversions de températures matinales, variations annuelles et journalières des vents,

ou indirecte : activité humaine ralentie pendant la nuit, chauffage domestique en hiver.

a) cycle journalier : un cycle journalier bien marqué indique une prédominance des polluants dont l'origine résulte de l'activité humaine diurne: foyers domestiques, automobiles, petites industries: c'est le cas du centre de Paris. Par exemple, pour une journée d'été, le taux de fumée à 24 heures est de 78 microgrammes/m3 et 170 microgrammes/m3 d'air, à 9 heures; pour une journée d'hiver : 130 microgrammes/m3 à 3 heures du matin et 470 microgrammes à 9 heures.

Un cycle journalier peu marqué indique, au contraire, une émission continue des polluants: centrales électriques, grandes industries à feux

continus: c'est le cas de la ville de Westminster où la moyenne des taux de fumée varient de 176 à 178 microgrammes/m3 pour une journée d'été et de 240 microgrammes/m3 d'air à 4 heures du matin à 400 microgrammes à 18 heures pour une journée d'hiver.

b) cycle hebdomadaire : Les taux moyens relevés pour les années 1955 - 56 - 57 se répartissent comme suit, pour le centre de Paris :

taux des fumées :	mardi	170 microgrammes/m3	Dimanche 150 microgrammes/m3
" du SO_2 :	"	0,073 p.p.m.	" 0,053 p.p.m.
" du CO_2 :	"	349 p.p.m.	" 341 p.p.m.

Il existe donc un minimum de pollution atmosphérique le dimanche; on peut donc en conclure que les foyers domestiques ne sont pas seuls en cause; une bonne part revient à la circulation automobile très intense et à l'industrie (chauffage des grands magasins et administrations).

c) cycle annuel : ce cycle est représentatif quand la pollution atmosphérique est surtout dûe au chauffage domestique. C'est le cas du centre de Paris, où on relève les moyennes annuelles suivantes :

Taux moyens des fumées :	au cours du mois d'août	: 8 microgrammes/m3
	" janvier	: 290 "
Taux moyens de SO_2	: mois d'août	: 0,025 p.p.m. - novembre: 0,100 p.p.m.
Taux moyens de CO_2	: mois d'août	: 328 p.p.m. - novembre: 375 p.p.m.

On retrouve également cette influence du chauffage domestique sur le taux de pourcentage de goudron contenu dans le poids global des fumées.

Les résultats des mesures systématiques effectuées par le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris sont mentionnés sur le tableau de la page 17 , pour les années 1957 à 1959, d'une part et pour l'année 1960, d'autre part.

Une amélioration appréciable apparaît en 1960 par rapport à la moyenne des 3 années précédentes: il semble que la campagne d'information auprès du public et le renforcement des mesures prises vis-à-vis des industriels aient commencé à porter leur fruit. Il faut toutefois mentionner que les facteurs météorologiques ne présentèrent pas de grandes variations durant l'année 1960 et furent donc favorables à une diminution de la pollution de l'air.

MOIS	MOYENNES DES ANNEES 1957-1958-1959			1960	
	poussières microg/ m3	goudrons en % +	goudrons microg/m3	poussières microg/ m3	goudrons en % +
Janvier	233	37	86	175	49
Février	238	27	64	179	44
Mars	150	26	63	169	28
Avril	135	21	28	108	30
Mai	72	18	13	100	24
Juin	70	12	8	82	-
Juillet	59	10	6	47	-
Août	42	17	7	51	-
Septembre	88	20	18	94	-
Octobre	127	29	37	103	-
Novembre	198	36	48	115	27
Décembre	191	40	76	179	39
moyenne	134	24	38	117	34

Une expérience de "zone sans fumée"

Cette opération, lancée par le Préfet de la Seine en février 1960, comprenait, d'une part, la détermination du taux général de la pollution dans les zones choisies (XI° et XVI° arrondissements) avec la localisation des principales sources d'émission et, d'autre part, la prospection des chaufferies collectives et des chauffages individuels. Elle comprenait le recensement des moyens et des procédés de chauffage ainsi que la visite systématique des installations. Ce recensement permit de préciser le type, la marque; l'ancienneté et la puissance thermique des appareils utilisés, la nature du combustible et la consommation annuelle, etc.

Les deux zones choisies ont respectivement 200.625 habitants pour le XI° et 132.953 habitants pour le XVI° arrondissement. Le nombre de logements se répartit comme suit :

91.315 pour le XI° et 46.491 pour le XVI°
sur une superficie de 366,56 hectares (XI°) et 481,05 hectares (XVI°), soit au total 847,61 hectares. On ne retint pour l'enquête que des îlots représentant environ 1/10ème de la superficie des deux zones.

Les appareils utilisés ont pu être répertoriés et classés dans dif-

+ leur poids est exprimé en pourcentage du poids total de fumées recueillies

férentes catégories suivant le tableau ci-après :

		Feux de grille	Poêles	Cuisinières	Chauff. centr. d'app.	Radiateurs	Divers	Chauff. charbon	Chauff. fuel	Totaux
XIème Arrondissement	Pour 10.000 habitants	77	1827	685	342	967	469	22	14	4403
	Pour 10 hectares	42	1005	377	188	531	258	12	7	2420
XVIème Arrondissement	Pour 10.000 habitants	31	627	175	466	352	120	120	130	2031
	Pour 10 hectares	9	176	49	130	99	34	36	36	569

Ce tableau permet de constater le grand nombre d'appareils individuels utilisés dans le XI° et le grand nombre dechaudières en usage dans le XVI°.

La consommation unitaire de chaque combustible est plus importante dans le XVI° alors que le nombre de logements est en moyenne plus faible que dans le XI°.

Le nombre d'appareils brûlant du combustible liquide approche la moitié du total des appareils du XVI°.

La consommation de charbon accuse des chiffres voisins pour les deux arrondissements. Pour le fuel, par contre, la différence reste importante en raison des chaufferies collectives du XVI° arrondissement, utilisant ce combustible. La quantité de charbon consommée à la fois par 10.000 habitants du XI° arrondissement et par 10.000 habitangs du XVI° arrondissements (8917 Tonnes) constitue une moyenne de ce que peuvent utiliser 20.000 habitants du département de la Seine, car les chiffres trouvés concordent avec la quantité de charbon réellement utilisée dans ce département. Une extrapolation des résultats semble donc possible, sauf en ce qui concerne les fuels, pour la raison mentionnée plus haut.

Au cours de la campagne 1959-1960, 414 installations furent visitées (170 dans le XI° arrondissement) et 244 dans le XVI° arrondissement: 35% produisaient des fumées excessives répérées topographiquement à partir de points élevés de ces arrondissements.

Les causes étaient dûes la plupart du temps:

- pour le charbon, à l'emploi de combustible non adapté au foyer et à un mode de chargement inadéquat,

- pour le fuel, au dérèglement des brûleurs.

20% environ des chaufferies n'étaient pas règlementaires.

A l'issue de ces vérifications, des lettres furent adressées aux propriétaires dont les installations de chauffage étaient une cause de pollution. Un certain nombre de promesses furent faites en vue des transformations de chaufferies, changements de combustibles, pose d'appareils capte-suies, etc.. Ces installations seront surveillées jusqu'à ce que satisfaction soit obtenue.

Au cours de la campagne 1960-1961, plus de 500 chaufferies collectives furent visitées.

La diminution de la pollution atmosphérique dûe aux foyers domestiques n'est que difficilement mesurable actuellement bien que des améliorations à l'échelon local aient pu être obtenues. Des cycles météorologiques complet de plusieurs années doivent s'écouler avant que les enregistrements des mesures effectuées puissent apporter des conclusions probantes.

Dans l'ensemble, le public s'est montré favorable à ces expériences de "zones sans fumée". Un sondage de l'opinion a fait ressortir que la gêne causée par les fumées provenant de leur propre immeuble est soulignée par 24% des habitants du XVI° arrondissement et 22% de ceux du XI° arrondissement, tandis que la gêne provoquée par les fumées du voisinage est incriminée respectivement par 47% des habitants du XVI° et 52% des habitants du XI° arrondissement (souvent attribuée par ceux-ci aux foyers industriels).

LES MICROBES DE L'AIR

Il est très rare de trouver dans l'air des germes libres. Ils sont, en général, véhiculés par l'intermédiaire de supports:

1 - Les "poussières-supports" : ce sont de grosses particules qui peuvent agglomérer ou adsorber des microbes et leur servir de supports, quelquefois même de milieu de conservation. Leur origine appartient aux trois règnes: végétal, animal ou minéral. L'augmentation croissante de ces poussières-supports ne fait aucun doute du fait de l'augmentationde la population. Les analyses montrent cependant qu'elles sont surtout chargées de germes saprophytes dits banaux: leur action, au point de vue épidémiologique, est assez restreint, d'autant plus qu'elles sédimentent rapidement.

2 - Les "gouttelettes microbiennes" : FLUGGE (1899) et ses élèves démontrèrent le rôle prépondérant de la contamination par les gouttelettes dites "de Flugge", petites particules de 1 à 2 mm de diamètre émises au cours de la toux, de l'éternuement ou lorsque l'on parle à voix haute. La plupart de ces gouttelettes atteignent le sol en moins de 10 secondes, donc leur rôle épidémiologique est minime. TRILLAT considère ces gouttelettes microbiennes en évolution constante et rapide dans l'espace et le temps, sous l'influence de l'évaporation. La durée de vie des gouttelettes dans l'air non saturé est proportionnelle au carré du diamètre, donc pour les plus petites très courte, plus courte que ne le serait le temps de chute si elles tombaient sans évaporation. Les grosses gouttelettes dont le temps de sédimentation est rapide atteignent le sol sans perte appréciable par évaporation tandis que les plus petites qui se déposent lentement s'évaporent presque instantanément.

3 - Les "noyaux de condensation" : l'évaporation provoque la formation de ces noyaux dont le volume est très faible, le temps de sédimentation long (d'où contamination prolongée de l'atmosphère et transport à distance des germes qu'ils contiennent), la dimension de 2 à 8 microns, la charge électrique le plus souvent négative.

MAISONNET (Thèse de Paris 1955) a mis au point un appareil electrostatique(hydroaéroscope) muni de cribles de dissociation pour les poussières-supports et les noyaux de condensation. Les germes se déposent directement sur les milieux de culture des boîtes de Pétri contenues dans l'hydroaéroscope. Cet appareil a été expérimenté à l'Institut Pasteur, ainsi qu'à l'Inspection Générale des Services Techniques de la Préfecture de Police.

La flore bactérienne ainsi recueillie se compose essentiellement de germes saprophytes de base : ex. micrococcus, candidus, aspergillus, penecillium etc...) et d'une flore accidentellement constituée de germes saprophytes et éventuellement de germes pathogènes. MAISONNET n'a toutefois trouvé aucun germe pathogène au cours de toutes ses expériences.

Or, les poussières sont très abondantes dans les villes. A Paris, on a trouvé jusqu'à 10 millions de particules au m3 d'air, par beau temps et vent moyen et seulement 300.000 particules par m3 d'air au quai de Gesvres, par vent très faible et beau temps. Le nombre de particules s'accroit au cours de la journée. Par exemple, place de la Concorde, on ne trouve que 640 particules par m3 à une heure très matinale, mais dès 12 heures, on en compte déjà 23.000 et 88.000 à 19 heures.

Ces poussières sont chargées d'environ 8.000 microbes et 2.000 moisissures par m3. Mais ces chiffres peuvent être largement dépassés. Ainsi à la station de métropolitain Saint-Lazare, on a compté jusqu'à 1.138.000 microbes et 280.000 moisissures par m3 d'air. A la campagne, on ne trouve que 100 microbes par m3 d'air.

LES EFFETS DE LA POLLUTION DE L'ATMOSPHERE SUR LES VEGETAUX

Les végétaux sont extrêmement sensibles aux altérations de l'atmosphère. Les poussières, notamment celles qui contiennent des produits gras adhèrent fortement à leur surface et les stomates par lesquels se font les échanges respiratoires et photosynthétiques restent obstrués, malgré le nettoyage par la pluie. C'est ainsi que la surface des feuilles des résineux exposés dans les villes à des atmosphères enfumées et brumeuses devient noire. Certains gaz, tels que l'éthylène et l'oxyde de carbone ont un effet nocif sur les plantes à des doses de cent millionièmes pour l'éthylène et du millionième pour le CO. Ils entrainent une fragmentation des vacuoles des cellules végétales et provoquent une véritable fièvre végétale, avec élévation de la température de quelques millièmes de degrés centigrades. Or ces gaz se rencontrent dans le gaz de houille et dans les gaz d'échappement des moteurs de voitures automobiles. La mauvaise conservation des plantes d'appartement est due le plus souvent à des fuites non décelées de gaz provenant des canalisations.

Le Professeur CHOUARD signale que le Phytothron du C.N.R.S. a dû être implanté à Gif-sur-Yvette où l'atmosphère est encore relativement pure; il est en effet impossible d'étudier les effets des hormones de croissance sur les plantules dans l'air ordinaire de Paris.

Les plantes adultes elles-mêmes souffrent des effets de la pollution atmosphérique. Ainsi pendant la période de 1940-1944 au cours de laquelle la circulation automobile était très réduite et les foyers industriels et domestiques raréfiés, les marronniers des Champs-Elysées gardaient leurs feuilles fort avant dans la saison d'été alors qu'elles sont actuellement grillées dès juillet. De plus, on a constaté une augmentation de 50 heures par an d'insolation et une diminuation de 20 jours par an de brouillard.

Par contre, l'anhydride sulfureux qui prédomine surtout en hiver à des doses relativement élevées en raison du chauffage domestique ne provoque pas souvent de troubles chez les végétaux à cause de leur vie ralentie durant l'hiver. Il est intéressant de mentionner qu'une plante peut supporter, pendant un temps court, une teneur élevée en anhydride sulfureux à la condition de n'avoir jamais auparavant été exposée à ce gaz.

Il convient également de signaler les troubles provoqués par la pollution dûe à certaines industries en pleine campagne: brûlures des feuilles causées par l'acide sulfurique par exemple. Un gaz très toxique pour les plantes est le fluor produit par l'industrie de l'aluminium. Le fluor qui se transforme immédiatement en acide fluorhydrique provoque des lésions caractéristiques à des concentrations extrêmement petites. Les glaïeuls blancs et les poireaux sont sensibles à des concentrations de l'ordre de 10^{-9} à 10^{-11}. Le pin et le sapin y sont également sensibles, ce qui pose le problème de la conservation des fôrêts dans le voisinage des usines d'aluminium: les vapeurs sulfureuses sont responsables du déboisement des versants de la vallée de la Maurienne.

On peut donc conclure que les plantes sont des réactifs extrêmement sensibles et précis vis-àvis des polluants de l'atmosphère et qu'elles sont très utiles à leur détection.

LES EFFETS DE LA POLLUTION DE L'ATMOSPHERE SUR L'ORGANISME HUMAIN

L'être humain utilise pour sa respiration 12 m3 d'air par 24 heures, soit environ 15 kilogrammes d'air.

Chaque inspiration introduit environ 0,45 litre d'air dans les alvéoles pulmonaires. Un mètre cube d'air respiré entre en contact avec une surface d'épithélium pulmonaire de 155.000 m2. Les échanges gazeux sont très rapides, car la couche d'air n'a, à ce moment-là, que quelques microns d'épaisseur, d'une part, et que, d'autre part, la paroi capillaire et l'endothélium pulmonaire sont très minces.

Entraînées dans les voies respiratoires, les particules de suies et de poussières sont rejetées, en majeure partie, par le mucus bronchique; elles ne peuvent, en effet, se fixer de façon durable dans les poumons, car elles sont lentement entraînées vers les ganglions trachéo-bronchiques. A l'autopsie, les poumons des citadins sont caractéristiques, avec leurs traînées noirâtres anthracosiques. La pollution chronique qui caractérise l'air que respirent pendant tout l'hiver les habitants des villes est considérée comme un facteur étiologique dans l'apparition des bronchites et peut-être des cancers du poumon.

En présence de l'augmentation, dans tous les pays du monde, du cancer du poumon, KOTIN (U.S.A.) s'est efforcé d'identifier les agents exogènes et endogènes responsables. Les recherches qu'il a faites sur l'air pollué des villes lui ont montré, en particulier, que certaines particules de suie, adsorbant le benzo 3-4 pyrène , avaient une taile favorisant leur rétention par l'épithélium pulmonaire. D'autre part, il a constaté que la suie retenue dans les poumons ne contenait plus de benzo 3-4 pyrène.

Il est difficile d'évaluer la part qui revient à la pollution atmosphérique dans l'apparition du cancer du poumon, en raison de la longue période de latence de celle-ci. Il est possible que la mortalité actuelle soit dûe à des pollutions qui remontent à 30 ans et plus. De plus, on connaît le rôle important joué par l'inhalation de fumée de cigarettes dans l'apparition de cette néoplasie WALKER (Grande-Bretagne) pense que la pollution urbaine et la fumée de cigarettes exercent des actions complémentaires dans le développement du cancer du poumon. Il faut remarquer d'ailleurs que si la mortalité dûe à ce cancer est plus forte dans les villes que dans les campagnes, cette différence s'amenuise, la mortalité croissant plus vite actuellement à la campagne, alors que l'enquête effectuée en Angleterre, il y a quelques années, par P.STOCKES, montrait que ce taux de mortalité croissait avec le nombre de logements occupés: par exemple, pour une ville de plus de 200.000 logements, la mortalité variait de 132 (Bradford) à 156 (S-E de Londres). Cette mortalité tendait en général à augmenter avec le nombre total de cheminées jusqu'à 100.000 habitants; au-dessus de ce chiffre d'autres facteurs entraient en jeu, par exemple la densité de population à l'hectare.

Dans l'ensemble, on note, depuis 1950, une nettre progression de mortalité par cancer du poumon, mais cette augmentation, dans le département de la Seine, est égale à celle observée dans le reste de la France.

Action générale sur les voies respiratoires

Chez les adultes, les effets de la pollution atmosphérique se manifestent surtout par des troubles de l'appareil respiratoire. Si les rhinites, les sinusites, les trachéites, sont plus fréquentes chez les habitants des villes que chez ceux des campagnes, les affections de l'arbre respiratoire y sont également plus nombreuses: d'après les statistiques faites en Anglettere, la moyenne de la mortalité urbaine par bronchites est de 82 pour 100.000 personnes et par an. Dans les régions où le pH de la pluie est inférieur à 4, la moyenne est de 100 et dans les distrincts urbains, où les pluies sont moins acides, elle n'est que de 60. Il semble bien qu'il y ait corrélation entre le taux de mortalité et l'acidité des pluies mais elle n'est pas le seul facteur en cause puisque la mortalité par bronchites des régions rurales n'est que de 46 pour 100.000 habitants, alors que les pluies peuvent y être aussi très acides.

En France, alors que dans l'ensemble du pays la mortalité par bronchites a diminué depuis 1950, elle a au contraire augmenté dans la région parisienne.

Une enquête effectuée en 1947 par P. STOCKES a montré que les heures d'ensoleillement et la mortalité dûe à la bronchite sont inversement pro-

portionnelles. Parmi le groupe d'hommes le plus atteint (entre 50 et 60 ans), on note une mortalité de :

- 0,2 pour 100.000 en Norvège
- 0,4 " " en Suède
- 17,8 " " en Grande-Bretagne

Les deux premiers chiffres concernent des pays ayant une atmosphère sèche et peu polluée.

Absorption par la voie digestive

Les matières qui sont déposées dans les voies respiratoires, peuvent être dégluties. Le Professeur TRUHAUT a signalé l'absorption par voie digestive des produits nocifs contenus dans les fumées et se déposant sur les aliments.

Contacts avec l'épiderme, les yeux, le nez, la bouche, la gorge

Les polluants de l'atmosphère peuvent avoir une action irritative. Ainsi, un air riche en ozone (dès la concentration de $0,15 . 10^{-6}$) irrite les yeux. BROCQ a décrit des eczémas urbains qui disparaissent lorsque le malade quitte la ville où il habite.

Ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, les rhino-pharyngites et les sinusites sont plus fréquentes à la ville qu'à la campagne.

Action indirecte de la pollution atmosphérique

Les polluants atmosphériques, et en particulier les fumées, contribuent à la diminution de la transparence de l'air. L'écran qu'elles forment absorbe les rayons ultra-violets et diminue l'action bactéricide du soleil : on ne brunit pas à Paris et l'insolation y a diminué de 20% depuis le début du siècle. Des cas plus fréquents de rachitisme, spasmophilie et décalcification en sont la conséquence.

Mais, ainsi que l'écrit le Professeur JUSTIN-BESANCON, "les organismes des adultes et même des enfants semblent immunisés vis-à-vis de la nocivité du climat urbain".

Depuis quelques années, une enquête a été entreprise, conjointement par les U.S.A. et le Canada, en vue d'étudier la pollution aux environs de la frontière entre ces deux pays, dans la région englobant les villes de Détroit, Windsor et Harrow, et en particulier la pollution dûe aux navires navigant sur la Détroit-River. La population de cette région, où les principales industries sont la métallurgie, la construction automobile et la mécanique, est d'environ 3.500.000 habitants. Les analyses de l'air ont montré que la concentration de poussières était 2 à 3 fois plus forte dans les régions industrielles que dans les régions résidentielles et 3 à 6 fois plus forte dans les régions polluées de Windsor qu'à Harrow, située à 40 kilomètres de la Détroit-River. Il y avait 2 fois plus de SO_2 à Détroit qu'à Windsor et 5 à 7 fois plus à Windsor qu'à 25 à 40 kilomètres de la Détroit-River.

Cette enquête avait été entreprise en vue de savoir si les maladies étaient en rapport avec le niveau de la pollution générale ou avec certains polluants. On a cherché s'il y avait des différences entre l'état sanitaire des régions faiblement et fortement polluées et si les personnes qui avaient vécu plusieurs années dans des zones fortement polluées souffraient plus de maladies chroniques que celles qui habitaient des zones faiblement polluées. La mortalité des régions peu polluées a été comparée à celles des lieux de fortes concentrations en polluants et on a recherché s'il y avait des différences dans l'âge moyen de décès des adultes. Enfin les personnes qui présentaient des maladies chroniques des voies respiratoires ont été plus particulièrement suivies en vue de savoir si elles étaient plus sensibles que les autres à la pollution atmosphérique.

Pour l'enquête menée au Canada 400 logements ont été choisis à Windsor, 100 à Harrow et 100 à Kingsville (zônes de contrôle faiblement polluées), soit au total 600 logements qui ont servi de base à la première année d'étude. A la fin de cette première année, une première analyse montrait plus de maladies à Kingsville et Harrow qu'à Windsor. On a alors établi à Simcoe, à 250 kilomètres de Windsor, une deuxième région de contrôle où la pollution a été trouvée nettement plus faible qu'à Windsor. On y a choisi 200 logements au hasard sur les listes de recensement. Comme il y avait trop de personnes âgées, on a remplacé 35 familles par un nouveau tirage au sort. Les 600 logements primitifs avaient été choisis en fonction de l'âge, du sexe, du nombre d'occupants, des dates des dernières visites médicales, de la nature des maladies, du niveau de vie et du degré d'éducation des occupants. Les familles qui s'écartaient du niveau moyen adopté pour les deux zones de faible et forte pollution étaient remplacées par d'autres.

Aux U.S.A., l'enquête fut commencée en 1953. Parmi les 369 zones de recensement de Détroit, 28 furent choisies pour avoir des groupes-types de pollution dans des zones à pollutions aussi différentes que possible. L'examen et la comparaison de l'habitat, du caractère industriel et des caractéristiques individuelles ont conduit, pour représenter la forte et la faible pollution, au choix de deux zones à population blanche, de condition moyenne.

Pour connaître l'état sanitaire des personnes visées par l'enquête et pour pouvoir le comparer ultérieurement avec l'état final, on a employé un Index Médical comportant 201 questions à répondre par oui ou non. Au début de l'enquête, en août 1953, 78 questions seulement furent posées mais, à la fin de l'enquête, en janvier 1955; elles furent toutes prises en considération, avec 95% de succès.

Pour faciliter l'enquête, on a étudié auprès de 150 familles, pendant un mois, l'utilité du questionnaire individuel de santé, de la carte d'identification du logement et de la carte individuelle de maladies(visites médicales et traitements, maladies antérieures, début, gravité et fin de la maladie dans l'année de l'enquête. Cette dernière carte ne permettant pas d'établir avec précision les aggravations des maladies chroniques, fut remplacée par un calendrier de surveillance comportant une case pour chaque jour du mois, et sur lequel on indiquait, chaque jour, les symptômes ou le début de maladie de chaque membre de la famille. Ces calendriers permettaient aux enquêteurs, qui visitaient les familles tous les 15 jours, d'établir le carnet de santé. Les enquêteurs fournissaient un rapport som-

sommaire de leur activité tous les 15 jours et, tous les six mois, une analyse complète des résultats était faite, ce qui permettait éventuellement une amélioration du questionnaire.

Les familles ont consenti volontiers à subir l'enquête - de 88% à 99% - suivant les zones. Parmi les famille choisies au début, 90 à 99% participaient encore à la fin des six premiers mois, 77 à 93% à la fin de la deuxième période, 77 à 80% à la fin des 18 mois que dura l'enquête.

Les réponses à l'Index Médical ont montré que les habitants des zones à forte pollution de Détroit éprouvaient plus de symptômes de maladies que ceux des zones de faible pollution, surtout pour la toux, les rhumes, les maux de tête et les douleurs dans les membres. Mais les index de fréquence, gravité et durée des maladies n'ont pas fait apparaître de différences nettes. Les zones de contrôle, à très faible pollution, ne montrent pas non plus des index plus faibles. Toutes les études statistiques sur les autres facteurs (âge, condition physique préexistante, maladies chroniques) n'ont pas permis d'établir des actions significatives. Les auteurs de cette enquête ont conclu que pour déterminer la relation si elle existe, entre la pollution et la santé, il faudra qu'ils perfectionnent le système d'investigation.

En conclusion, cette étude a apporté peu de renseignements, malgré les grands moyens mis en oeuvre. Il est toutefois possible que les écarts entre haute et faible pollution aient été insuffisants, au cours de l'enquête, pour provoquer des différences notables d'action sur les habitants. En effet, à Détroit, la concentration en poussières n'était que 1,8 fois plus forte et la concentration en anhydride sulfureux deux fois plus forte en haute qu'en faible pollution. Si les niveaux de pollution variaient d'un jour à l'autre de la même manière, en général, dans toutes les zones, il est à noter que, assez souvent, les niveaux de la zone de faible pollution dépassaient ceux trouvés quelques jours avant en zone de forte pollution.

Le retentissement de la pollution atmosphérique sur la mortalité et surtout sur la morbidité est donc très difficile à mettre en évidence. Seules des enquêtes statistiques, étalées sur de nombreuses années, pourraient mettre en évidence son influence notamment sur les maladies chroniques de l'appareil respiratoire, par la comparaison de populations soumises depuis longtemps à des doses élevées de polluants, à des groupes témoins valables, c'est-à-dire vivant dans les mêmes conditions mais ne respirant pas un air pollué.

Toutefois, si les effets nocifs des polluants aux concentrations habituelles, n'ont pu être mis en évidence, d'une façon incontestable, il n'en est pas de même des grands accidents causés par les fortes concentrations de ceux-ci au cours des "smogs".

Les grands accidents dûs à la pollution atmosphérique

Le brouillard qui sévit dans la vallée de la Meuse, du 1er au 5 décembre 1930, causa la mort de 50 personnes, en quelques jours, et des troubles chez des milliers d'autres.

Les accidents mortels se produisirent 24 heures après l'apparition du brouillard, donc après concentration des produits nocifs.

La conclusion de la Commission Gouvernementale qui fit l'enquête se résuma comme suit : "il faut surtout incriminer l'acide sulfurique provenant de l'oxydation,par l'oxygène en contact des gouttelettes d'eau du brouillard et des poussières en suspension dans celui-ci,d'anhydride sulfureux que répandent dans l'atmosphère tous les foyers industriels et domestiques de la vallée de la Meuse".

Le froid et l'absence de vent favorisent la condensation progressive de haut en bas des produits toxiques en suspension dans l'air.

Au cours de la période de brouillard qui sévit à Donora, du 27 au 31 octobre 1948 et qui fit 20 morts et 6.000 malades sur une population totale de 14.000 habitants, les teneurs en anhydride sulfureux ne dépassèrent jamais 2 p.p.m., mais on nota une concentration de 2,5 milligrammes au m3 d'air de particules solides. Les enquêteurs remarquèrent une forte proportion d'oxyde de zinc parmi les éléments solubles dans l'eau (21,2% au lieu de 2 à 3% seulement). Ils ont supposé que l'anhydride sulfureux, transformé en ion sulfurique SO^{--} , s'était uni directement aux composés métalliques pour former des sels de soufre (probablement des sulfates). La présence de poussières métalliques qui jouent le rôle de catalyseurs, favorise la formation de SO_3 dont la toxicité est plus élevée que celle de SO_2.

Le smog de Londres qui sévit du 5 au 9 décembre 1952 fit 4.000 morts. Il était dû à une situation stable qui débuta le 3 décembre et qui ne s'améliora que dans la nuit du 8 au 9.

Le temps de latence fut de 12 heures. Le nombre de morts par jour suivit à la fois la courbe de la teneur en anhydride sulfureux (0,25 p.p.m. à 1,3 p.p.m.) et les concentrations en fumées (figure n° 3). La forte mortalité dura encore une semaine après la fin de l'accident et on n'enregistra pas de baisse de la mortalité moyenne au cours de l'hiver. La proportion de matières en suspension était passée de 0,5 mg/m3 d'air à 4,5 mg/m3 d'air, c'est-à-dire multipliée par dix. 30% des éléments étaient solubles dans l'eau et contenaient 21% d'anhydride sulfureux, ainsi que de l'ammoniac et de l'acide chlorhydrique.

Au Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, des études ont été faites sur la mortalité au cours des journées de brouillard qui ont sévi à Paris en février 1959, où deux périodes de très grande pollution sont apparues. La première de ces périodes a présenté un maximum le 6 suivi, le 7, par une mortalité relative élevée (1). Le 16 de ce même mois, à une pollution sulfureuse élevée a correspondu un maximum de mortalité relative. Par contre la relation a été moins bonne pour le 20 février, de même pour le 30 janvier, au cours de laquelle pourtant les différents taux de polluants ont culminé.

---

(1) Le coefficent de mortalité relative entre la ville et la campagne s'établit comme suit : $\frac{\text{Décès toutes causes dans la Seine jours } n + (n-1)}{\text{Décès toutes causes en S\&O, S\&M, Oise, jours } n + (n-1)}$

Au minimum de pollution du 13 février a correspondu le même jour un minimum de mortalité relative. La pollution du mois de février 1959 a donc eu une légère influence sur la mortalité des populations urbaines.

A Paris, la teneur en anhydride sulfureux a marqué des pointes de 0,7 mg/m3 au cours des journées de février 1959. Depuis, on a relevé des taux de 1 mg/m3 d'air. A New-York, le taux maximal d'anhydride sulfureux est de 0,8 mg/m3 (pour un minimum de 0,3). On admet que ce gaz ne devient toxique qu'à partir de 10 mg/m3; or, lors du smog de Londres, sa teneur n'a pas dépassé 1,3 mg/m3. Il faut donc admettre la synergie de plusieurs agents toxiques, notamment le rôle catalyseur joué par les oxydes d'azote toujours présents.

Le SO_2 se transforme en partie en acide sulfurique au sein même des gouttelettes de brouillard, le rendant ainsi acide. Des expériences faites en laboratoire ont confirmé ce point de vue. Le brouillard "acide" caractérise les villes, grosses consommatrices de combustibles industriels.

Ce smog "acide" est bien différent de celui de Los Angelès qui est "oxydant". Il est dû principalement aux produits d'oxydation des hydrocarbures (se trouvant dans les gaz d'échappement des voitures automobiles), par l'ozone et le peroxyde d'azote produits notamment par le rayonnement ultra-violet du soleil: les hydrocarbures non saturés subissent des transformations chimiques donnant naissance à des radicaux libres et des oxydes; l'ozone n'est plus détruit par le bioxyde d'azote qui se combine avec les oxydes d'hydrocarbures (normalement le bioxyde d'azote se combine avec l'ozone pour former, réversiblement, du peroxyde d'azote et de l'oxygène). En même temps que la concentration d'ozone augmente, certains hydrocarbures se polymérisent et deviennent des macromolécules, d'environ un centième de micron de diamètre, perceptibles par une diffusion bleuâtre, caractéristique des suspensionsde particules très fines.

Un phénomène semblable a pu être observé dans la vallée de Gif-sur-Yvette, par temps calme et beau, au cours de "fins de semaine" où de nombreuses automobiles circulent.

En fait, à Paris, où l'ensoleillement est bien plus faible qu'à Los Angelès, tout l'ozone produit est détruit au contact des imbrûlés présents dans les gaz d'échappement. Le Professeur MOUREU signale toutefois que durant les premières heures de la nuit du 10 au 11 février 1960 (temps brumeux, absence totale de vent au sol) de nombreux quartiers de Paris ont été le siège d'une accumulation de vapeurs agressives rappelant, dans une certaine mesure, celle du smog de Los Angelès.

INFLUENCE DES FACTEURS METEOROLOGIQUES SUR LA POLLUTION DE L'ATMOSPHERE

DUMESNIL DU BUISSON dans son étude de l'influence du climat sur les variations des taux de mortalité dans la région parisienne a divisé celle-ci, dont le climat est assez homogène, en trois zones d'urbanisme décroissant:

Paris - Seine (non compris Paris)

Seine-et-Oise - Seine-et-Marne - Oise

Il a comparé les augmentations hivernales moyennes de la mortalité par différentes affections, en milieu franchement urbain (Paris), en banlieue (Seine), et dans la troisième zone de caractère semi-rural. Dans certains cas, ces augmentations se sont montrées franchement plus importantes à Paris, lui permettant de conclure à une action fâcheuse des conditions météorologiques hivernales , en milieu urbain, sur certains types de maladies et plus particulièrement sur les maladies des coronaires :

l'augmentation de la mortalité par maladie des coronaires qui est de 80% à la campagne est de 130% à Paris;

Il signale également que la grippe est la maladie pour laquelle l'influence du climat sur la mortalité est la plus accentuée. Les épidémies ont lieu généralement au cours du premier trimestre de l'année. Elles se déclarent le plus souvent après une longue période continue de haute pression barométrique, accompagnée de brouillards nombreux et épais. Ces conditions météorologiques qui précèdent le déclenchement des grandes épidémies de grippe ont pu être retrouvées pour Paris, depuis l'an 1743. J. SANSON, en effet, a comparé les périodes d'épidémie de grippe (ce mot apparaît pour la première fois au cours de l'épidémie de janvier 1743, donné par le roi Louis XV) et les cartes de conditions météorologiques (cartes synoptiques). En janvier 1743 la pression atmosphérique atteignit 763,6 mm de Hg, dépassant la moyenne habituelle de ce mois de 3,7 mm de Hg, et les brouillards furent si intenses "que les archers de la Maréchaussée partaient sur les chemins de Paris aux endroits où il n'y avait pas de parapets avec des flambeaux pour conduire les voitures et empêcher qu'elles ne se jettent dans la rivière".

J. SANSON écrit en conclusion, que l'examen des cartes de types de temps devrait permettre de prévoir les menaces d'épidémies.

Les perturbations atmosphériques jouent un grand rôle, tout particulièrement dans le cas des fumées. Il existe en effet un mécanisme normal d'épuration de l'air; les grosses molécules tombent sur le sol par sédimentation, les gaz et les aérosols diffusent dans l'atmosphère. Mais deux phénomènes peuvent troubler celui-ci : le vent et les inversions thermiques.

Le vent: il peut entraîner les fumées à grande distance et ainsi les disperser, contribuant de ce fait à assainir l'atmosphère, de même que la pluie et la neige qui entraînent les particules solides, les aérosols et les gaz solubles (SO_2) au sol.

L'inversion de température: Normalement, la température de l'atmosphère diminue lorsque l'altitude augmente , d'environ 0,64 ° par 100 mètres (gradiant normal). Les gaz issus de la cheminée s'élèveront dans l'atmosphère car leur température est supérieure à celle-ci; en s'élevant , leur température diminue mais la température de l'atmosphère ambiante diminuant également, il ne saurait y avoir équilibre et les gaz continueront à monter. Lors d'une inversion de température, celle-ci augmente avec l'altitude, du moins jusqu'à un plafond de quelques centaines de mètres. Les gaz émis par la cheminée ont leur température qui va en diminuant avec l'altitude. Celle de l'air ambiant variant en sens inverse, les températures des gaz et de l'air s'égaliseront à un certain niveau, et les gaz diffuseront sans s'élever davantage. Dans ces différentes hypothèses, on n'a pas tenu compte de l'action du vent qui, par son degré de turbulence modifie ces phénomènes.

Un problème particulièrement important est celui de la diffusion des effluents à partir des cheminées. La hauteur réelle d'une cheminée doit être majorée de ce qu'on appelle une "hauteur fictive"; c'est à partir de celle-ci que se fera l'étalement du panache. Elle dépend surtout de la vitesse du vent transversal. Pour des vents forts, le panache est cisaillé dès le sommet réel de la cheminée. Pour des vents faibles ou modérés, le diamètre de la cheminée, la vitesse d'éjection des gaz et leur température sont à prendre en considération. En particulier, un grand diamètre et une grande vitesse d'éjection permettent d'augmenter le niveau de diffusion du panache par vent faible, c'est-à-dire dans des conditions favorables à une forte concentration des produits émis.

La figure n° 1 montre la diffusion du panache de fumée dans certaines conditions météorologiques:

La condition la plus favorable se rencontre lorsque la cheminée débouche au-dessus d'une inversion qui forme barrière et empêche toute arrivée de produits toxiques au sol (d)

Le cas le plus dangereux est appelé "fumigation" (e) : l'inversion de température débute au-dessus du niveau de la cheminée et les effluents rejetés se trouvent emprisonnés entre le sol et l'inversion; les concentrations en produits nocifs peuvent atteindre des valeurs élevées.

Il y a absence de diffusion dans le cas de l'inversion type, décrite plus haut et représenté en (c).

Les deux premières figures montrent le comportement du panache de fumée dans le cas où la température décroit plus vite (figure a) ou moins vite (figure b) que dans le cas théorique, correspondant au gradiant normal de décroissance de la température avec l'altitude.

Dans les deux cas, les anomalies de diffusion dûes à l'arrivée momentanée au sol de la fumée sont en général de courte durée et ne sont pas responsable d'une gêne persistante.

La persistance dans une même région de conditions météorologiques entraînant à la fois une grande stabilité des basses couches de l'atmosphère, un vent faible ou nul et la formation de brouillard, est extrêmement rare.

FORT GRADIENT

FAIBLE GRADIENT

Boucles du panache

cône de diffusion

INVERSIONS

nversion en
ute altitude

Absence de diffusion

inversion →

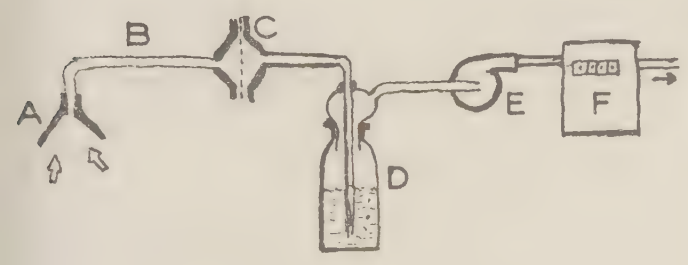
pas de pollution au sol

inversion →

Fumigation

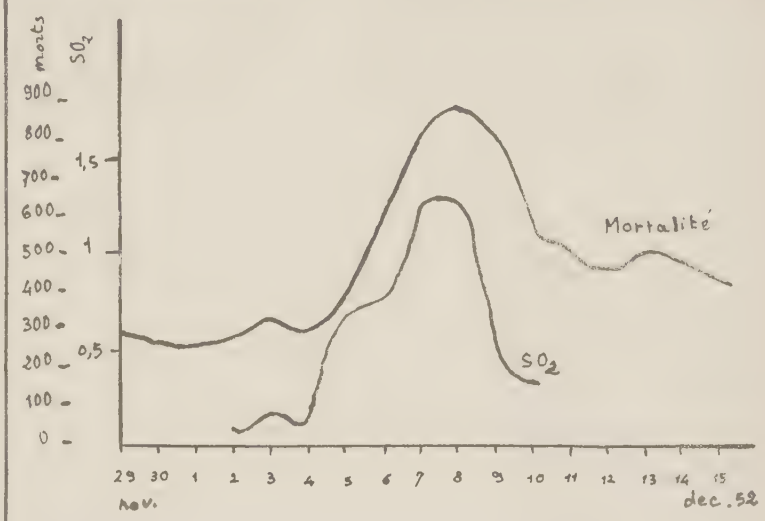
VENT

FIG. 1



A entrée de l'air
B tube en polyvinyle
C filtre en papier (Schneider CA 32)
D flacon laveur de DURAND
E pompe
F compteur type sec

FIG. 2



DECES A LONDRES EN 1952

FIG. 3

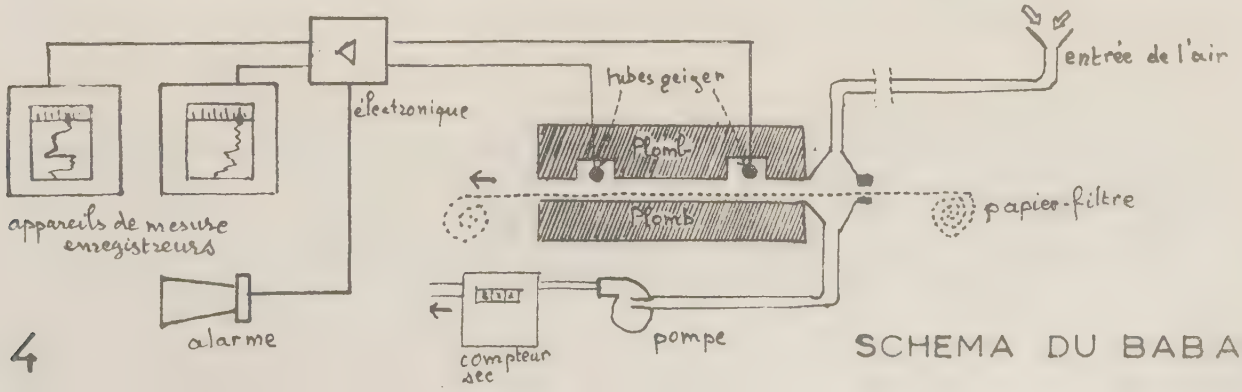


FIG. 4

SCHEMA DU BABAR

Ce fut néanmoins ce qui se passa lors des journées de brouillard qui sévirent à Paris du 10 au 22 décembre 1951. Les vents furent très faibles pendant toute cette période et l'inversion de température fut considérable: la température au sol est restée voisine de 0° C, alors qu'elle était de 14°C au sommet de la Tour Eiffel. Le nombre des décès augmenta de 25% par rapport à la moyenne hebdomadaire normale de la même saison.

Des conditions météorologiques comparables furent responsables des accidents graves observés lors des "smogs" de la Vallée de la Meuse, de Donara et de Londres, cités plus haut.

Le Professeur V. RAYMOND a comparé les chiffres de mortalité de la région parisienne, pendant un an, du 13 juillet 1959 au 30 juin 1960, avec les taux des principaux polluants de l'air et avec les conditions météorologiques du moment.

Après s'être assuré que la courbe moyenne globale de la région parisienne est toujours parfaitement comparable aux trois courbes détaillées de Paris, de sa banlieue (Seine sauf Paris) et des départements limitrophes (S-&-O, S-&-M et Oise), il a établi une statistique moyenne, commune à ces 3 régions parce qu'elles ont le même micro-climat.

Les polluants pris en considération sont ceux relevés par le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, c'est-à-dire : taux d' anhydride sulfureux (en p.p.m.), volume d'anhydride carbonique (en p.p.m.) et poids des fumées ou poussières (en micrpgrammes par m3 d'air). Les renseignements météorologiques ont été fournis par l'Observatoire de Montsouris (température, humidité, insolation, vent, brouillard, neige, etc...).

Il a étudié les variations de la mortalité saisonnière :

Paris	minimum de 2.000 décès par 100.000 habitants pour le mois		d'août
	maximum de 3.400 " " " " " " "		de janvier
Banlieue	minimum: 1.200 " " " " " " "		d'août
	maximum: 2.100 " " " " " " "		de février
Départ. limitrophes	minimum: 2.000 " " " " " " "		d'août
	maximum: 3.200 " " " " " " "		de février

Il a étudié également l'évolution saisonnière des autres facteurs en cause et a constaté que seules la température (maximum en août :21°,9 - minimum en janvier : 4° 4) et l'humidité ont une courbe comparable à celle de la mortalité.

Si l'on considère les causes de mortalité, on constate que les décès par cancer et tuberculose marquent une légère augmentation au mois de février; mais ce sont surtout les décès par affections de l'appareil respiratoire qui sont fortement augmentés. Alors que le chiffre du mois d'août est de 133 décès, il est de 663 au mois de février, soit 4 fois plus. De même, les affections cardio-vasculaires sont nettement influencées

par le climat : minimum 926 en août, maximum 1811 en février (pour 100.000 habitants).

Le Professeur RAYMOND a cherché à savoir si les éléments de la pollution de l'air interveraient dans cette augmentation de la mortalité, au cours des mois d'hiver. Dans ce but, il a confronté les courbes de la mortalité journalière avec les courbes journalières des taux des différents polluants de l'atmosphère et celle des facteurs météorologiques.

De cette comparaison il résulte tout d'abord qu'il n'y a pas eu, au cours de la période considérée, de véritable "smog" et que, d'autre part, il n'y a pas eu de relation nettement apparente entre les chiffres de la mortalité journalière et ceux des principaux polluants de l'air, sauf pour 2 cas en février. La moyenne de la mortalité journalière pour ce mois a été de 303. Or, plusieurs pointes de mortalité ont été notées : le 2 février : 331 décès dont 22 par manifestations grippales et nette augmentation des décès par affections des voies respiratoires. La température a été de 4°,5 C, l'insolation nulle avec absence de vent et persistance du brouillard. Les taux de poussières et d'anhydride sulfureux étaient élevés. Nouvelle pointe de mortalité le 10 février avec 333 décès et le 11 avec 345 décès. La température s'échelonna de 0°,5 à 1° C, sans insolation, nï de vent, mais présence de brouillard le 10 où l'on a relevé 44 décès par grippe et 55 par affections des voies respiratoires. Les taux de poussières, de CO_2 et de SO_2 ont présenté des pointes élevées au cours de ces deux journées. Par contre, le 17 février, on nota un pic dans le taux des poussières et de l'anhydride sulfureux, sans augmentation concommittante de la mortalité et le même fait a été remarqué pour le 24 février où a sévi un fort brouillard.

Le Professeur RAYMOND conclut que ces résultats ne sont valables que pour la région parisienne et pour l'année considérée: "cela ne veut pas dire, écrit-il, que la pollution atmosphérique soit sans action sur la santé humaine , en dehors des smogs, car il y a bien d'autres possibilités d'altérationsde la santé qui n'aboutissent à la mort immédiate". Il se propose de faire une étude portant sur une dizaine d'années pour la région parisienne, ainsi que pour d'autres régions. Une autre étude apparaît comme très utile, mais très difficile : l'influence des perturbations atmosphériques sur la morbidité; mais on se heurte là à de grosses difficultés, ne serait-ce que par l'absence de statistiques officielles.

LA POLLUTION DE L'ATMOSPHERE PAR LES VEHICULES AUTOMOBILES

Les moteurs des véhicules automobiles utilisent un combustible : gas-oil ou essence. A l'essence sont éventuellement ajoutés certains produits comme l'éthylfluid (0,06 °/oo en volume) ou une quantité encore plus faible de phosphate de métacrésyle, et les huiles de graissage.

La composition moyenne de l'essence et du gaz-oil est la suivante:

	Essence	Gas-Oil
Carbone	environ 85%	environ 85%
Hydrogène	14 à 15%	14 à 15%
Soufre	environ 0,06	environ 0,85%
oxygène et résidus divers	traces	traces

Les gaz d'échappement se composent des produits suivants:

Azote

Hydrogène

vapeur d'eau

anhydride carbonique

oxyde de carbone

carbures d'hydrogène (intacts ou partiellement oxydés)

anhydride sulfureux

brome et chlore

plomb, oxydes de plomb, bromure

goudrons

charbon amorphe pulvérulent.

De nombreuses analyses des gaz d'échappement faites sur des moteurs de

voitures de type courant ont donné les résultats suivants concernant les teneurs habituelles moyennes :

Composés des gaz d'échappement "secs" de moteurs (% en volume)

Composés	Moteurs à essence à 4 temps				Moteurs Diesel	
	pleine charge	utilisation	ralenti	décélération	pleine charge	utilisation
Azote	84-86	85-86	86	85	86	86
anhydride carbonique	8 à 14	10 à 13	9 à 12	2 à 2,5	12	1 à 10
oxyde de carbone	0,2 à 5	0,2 à 4	3 à 9	4 à 5	1	0,2
hydrogène	0 à 8	0 à 3	1,5 à 4,5		0,5	0,1
carbures d'hydrogène divers	1 à 3	1 à 3	1 à 15	jusqu'à 60	0,5	
gaz sulfureux	0,004	0,004	0,004	0,004	0,06	0,06
bromure de plomb	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	néant	néant

On voit que, parmi les produits nocifs, l'oxyde de carbone vient en tête. Ensuite se placent les carbures d'hydrogène et les produits d'oxydation ménagée de ceux-ci (en très faible quantité).

On constate que la teneur de ces produits dans les gaz d'échappement sont très variables suivant le combustible utilisé, les conditions de fonctionnement et le réglage du moteur.

De très nombreuses mesures ont été effectuées sur des moteurs de voitures de modèles courants fonctionnant à vitesse et à charge constantes, au laboratoire de moteurs du Conservatoire National des Arts et Métiers. Le taux maximum d'oxyde de carbone relevé, dans ces conditions, est de 4 à 5% du volume des gaz secs; les teneurs en carbures d'hydrogène sont de l'ordre de 0 à 0,4%.

Les moteurs utilisant de l'essence fonctionnent assez souvent avec un excès de carburant notamment dans les conditions suivantes:

- lors du démarrage à froid (emploi du starter) : enrichissement momentané de 100 à 200% de carburant en excès,

- lors des accélérations brusques (utilisation de la pompe de reprise qui débite pendant quelques secondes une très grande quantité de carburant)

- lorsque le réglage de la carburation la rend anormalement riche afin d'obtenir de grandes performances (surtout par l'emploi d'un gros gicleur).

Cet excès de carburant se traduit par la présence à l'échappement:

- d'une teneur élevée en oxyde de carbone,

- d'essence imbrûlée,

- de fumées (suies).

Au moment de l'accélération, surtout en côte forte, la teneur en CO trouvée à l'échappement peut être de l'ordre de 8 à 10% du volume des gaz émis.

En décélération, par contre, le débit de l'essence étant faible, il y a peu de CO produit.

La marche au ralenti représente un mode de fonctionnement courant dans la circulation automobile des villes. Des études ont été faites à ce sujet, notamment aux U.S.A. : les taux de CO trouvés sont de l'ordre de 3 à 5% pour le minimum et de 8 à 9% pour le maximum.

Le départ à froid est aussi une cause de production excessive de CO et d'imbrûlés car il exige un apport de carburant de l'ordre de 100 à 300%

Anhydride sulfureux

La plus grande source de ce gaz est émise par les moteurs Diesel: qui utilisent le gaz-oil. La quantité maximale de soufre autorisée dans ce combustible est de 1% mais il en renferme rarement plus de 0,6% (pétroles du Sahara). La quantité de l'anhydride sulfureux produit correspond pratiquement à la quantité de soufre contenue dans le gaz-oil. Rappelons que 32 g de soufre produisent 64 g de SO_2. Or il est à noter que les gaz-oils utilisés pour les chauffages domestiques et industriels contiennent, eux, de 1 à 3% de soufre; la production de gaz sulfureux fournie par les véhicules utilisant de l'essence est donc comparativement négligeable puisque celle-ci ne contient que 0,2% de soufre, au maximum.

Teneurs réelles en carbures d'hydrogène et en produits d'oxydation ménagée de ces carbures dans les moteurs d'automobiles

Les moteurs dont l'état mécanique n'est pas franchement défectueux n'évacuent que des quantités très faibles de carbures d'hydrogène dans le fonctionnement normal. Au cours d'expériences prolongées et très anciennes, BONNIER et MOYNOT ont montré que la teneur en hydrocarbures est comprise entre 0,2 et 0,4% du volume des gaz brûlés secs. Le professeur SERRUYS et ses collaborateurs, au Laboratoire de Moteurs du Conservatoire des Arts-et-Métiers, ont effectué des essais sur un moteur monocylindre tournant à des vitesses échelonnées de 1000 à 2 000 tours/minute , et ont mesuré les teneurs en méthane des gaz brûlés. Ils ont constaté que ces teneurs, pratiquement nulles pour des mélanges pauvres en combustible, s'élevaient progressivement de 0 à 0,4% lorsque la richesse variait de 1 à 1,7 (1).

---

(1) La richesse est le rapport carburant sur combustible relativement au mélange stochiométrique de richesse égale à 1, par définition; autrement dit, un mélange est d'autant plus riche en combustible que sa richesse est plus grande.

Mais il semble évident que d'autres carbures d'hydrogène peuvent se trouver dans les gaz d'échappement, surtout en mélange riche. La décomposition ou la pyrogénation du carburant et surtout de l'huile de graissage étant susceptibles de donner des produits de cracking très variés.

ROUNDS BENNETT et NEBEL aux U.S.A. ont effectués des analyses sur 163 automobiles de tourisme et 8 voitures de transport en commun et ont démontré la présence dans les gaz d'échappement de paraffines, d'oléfines, d'aromatiques et de naphtènes allant de C_1 à C_9, en proportion à peu près constante quels que soient le carburant, la vitesse de rotation du moteur, soit environ 1 à 3% suivant le type de moteur considéré. Dans le fonctionnement au ralenti, cette teneur est valable pour des richesses inférieures à 1,20, mais elle augmente très rapidement et peut atteindre jusqu'à 12 à 15% et même davantage.

Lorsque le moteur freine ou accélère, il existe une dépression à l'admission du carburant de l'ordre de 500 mm de mercure et ce vide favorise les remontées d'huile ; dans ce cas, les mêmes auteurs ont trouvé des chiffres de 40 et même 60% du volume des gaz brûlés secs en carbures d'hydrogène. Il convient toutefois de remarquer que ces teneurs élevées ne se produisent que pendant des intervalles de temps généralement très courts.

Dans le départ à froid, le pourcentage d'hydrocarbures évacués est très élevé et il peut même avoisiner 100%. Une fois que le moteur est chaud, la teneur en carbures tombe à une valeur faible, à moins que, le mélange devenant trop riche, il se produise des ratés. C'est ce qui arrive lorsque l'on laisse trop longtemps en fonctionnement le starter. Dans ces conditions, 50% du combustible peuvent se retrouver à l'échappement sous forme de carbures d'hydrogène divers.

En ce qui concerne les moteurs Diesel en bon état et pour des charges faibles, on a constaté par de nombreuses expériences que les gaz d'échappement ne contiennent pratiquement pas d'oxyde de carbone, ni de carbures d'hydrogène. Mais lorsqu'on impose au moteur une charge voisine du maximum pour lequel il a été construit, le combustible ne trouve plus assez d'oxygène et se vaporise, se cracke et même se carbonise et l'on retrouve des quantités notables de carbures d'hydrogène liquides ou gazeux. Dans ces conditions, une règlementation peut supprimer presque complètement les émissions de gaz malodorants et fortement colorés en ne forçant pas les moteurs. En effet, à forte charge et surtout en surcharge, les moteurs Diesel ont tendance à expulser de très fines particules de carbone libre qui donnent aux gaz brûlés la coloration grisâtre et même noirâtre qui caractérisent une combustion incomplète.

Pendant la période de fonctionnement pendant laquelle le moteur n'a pas atteint sa température normale de fonctionnement, il se produit généralement une oxydation plus ou moins accentuée du combustible avec formation de peroxydes d'aldéhydes, en particulier de formaldéhydes et même d'acides. Ces produits ne sont pas toujours détruits par la combustion. Ce sont les fractions de combustible non brûlées et les produits d'oxydation partielle ou ménagée mentionnés plus haut, qui donnent dans certaines conditions l'odeur caractéristique des gaz d'échappement demoteurs Diesel. Un progrès pourrait déjà être obtenu en obligeant les constructeurs à faire déboucher le tuyau d'échappement au dessus du véhicule, ce qui contribuerait à la dispersion des gaz dans l'air et non

à la hauteur des conducteurs des véhicules roulant derrière eux.

Plomb, brome et chlore

Le "super-carburant" contient un dop anti-détonnant appelé "éthyl-fluid" qui se compose de 62% de plomb tétraéthyl; et de 21% de di-bromure d'éthylène et d'un adjuvant chloré. La quantité de plomb tétraéthyl autorisé est de 0,5 cm3 par litre d'essence mais en fait on s'efforce de se limiter à à 60% de cette dose. Une partie notable du plomb restant à l'état de dépot dans le moteur, les quantités réellement rejetées à l'échappement, sous forme de plomb, d'oxyde de plomb ou de bromure de plomb, ne dépassent guère 3 grammes pour 10 kilogrammes de combustible brûlé. Cependant des expériences effectuées par M. CHALLANDE et les professeurs SERRUYS et PAUTHENIER sur les poussières accompagnant les gaz d'échappement et vues au microscope électronique, ont montré qu'elles étaient essentiellement formées de carbures d'hydrogène plus ou moins lourds habituellement centrés, dans le cas du supercarburant par une particule plus petite (0,1 micron environ) et parfaitement opaque de plomb.

Les quantités maximales de brome et de chlore sont de l'ordre de:

-Brome : 1,65 gramme pour 10 kilogrammes de combustible consommé,
-Chlore: 1,15 " " " " " "

Phosphore

L'essence avec I.C.A. (Ignition Control Additiv) renferme du métacrésyl-phosthate. Les quantités de phosphore sont de l'ordre de 0,147 gramme pour 10 kilogrammes de combustible consommé. Les composés à base de plomb, chlore et phosphore apparaissent comme négligeables. Certains carburants ne contiennent pas d'éthyl-fluid et sont par conséquent pratiquement exempts de plomb, de brome, de chlore et de phosphore: ce sont des essences ayant subi des traitements spéciaux. D'autre part, l'effet "anti-détonant" peut également être obtenu par l'utilisation d'autres produits (alcool par exemple) mais tous plus onéreux. Il l'agit là d'une importante question économique.

Cas des moteurs à deux temps

Ces moteurs sont très répandus: scooters, vélomoteurs, motocyclettes. Ils ont une grande tendance à émettre des carbures d'hydrogène plus ou moins crackés ou oxydés provenant de la décomposition ou de la combustion incomplète de l'huile mélangée systématiquement au carburant pour assurer le graissage du moteur.

Le cas particulier des hydrocarbures à pouvoir cancérigène expérimental

Dès 1942, LEITER, SHIMKIN et SHEAR firent à des souris des injections sous-cutanées d'extraits obtenus à partir de poussières récoltées dans différentes villes des U.S.A. Cinq à quinze mois après, 8% des animaux eurent des sarcomes au point d'injection. La même année, DONALD et WOODHOUSE observèrent une augmentation du cancer du poumon chez les souris exposées à des inhalations prolongées de poussières. En 1954, KOTIN, FALK, MADER et THOMAS constatèrent le développement de tumeurs de la peau chez des souris ayant subi des badigeonnages répétés d'extraits de poussières de Loos Angelès. D'autres auteurs firent des constatations semblables.

Le professeur TRUHAUT et Mlle DE CLERCQ ont également observé le développement d'épithéliomas spinocellulaires chez des souris qui avaient subi pendant plusieurs mois des badigeonnages d'extraits de poussières récoltées, à Paris.

Sur 50 animaux badigeonnés, 24 sont morts au cours des six premiers mois en raison de la toxicité des extraits. Après ce temps, les 3/4 des survivants présentaient des proliférations épidermiques et cinq parmi ceux-ci sont morts atteints d'épithéliomas spinocellulaires entre le 6ième et le 14ième mois d'expérimentation.

Parmi les corps à pouvoir cancérigène mis en évidence par différents auteurs dans l'air des villes se trouve le benzo 3-4 pyrène, isolé en 1932 par HEWETT et HIEGER à partir de goudrons de houille. Le benzo 3-4 pyrène, hydrocarbure polycyclique, fait partie des imbrûlés dits "lourds" provenant des combustions incomplètes, ces hydrocarbures préexistant dans les combustibles ou étant formés au cours de la combustion (une combustion complète ne donne naissance qu'à du CO_2 et de l'eau). Le Professeur TRUHAUT et ses collaborateurs ont mis en évidence dans les poussières récoltées dans l'air de Paris des corps isologues de dérivés du benzo 3-4 pyrène. Bien que ces corps soient photo-oxydables, leur destruction n'est pas systématique dès leur formation du fait, en particulier, de leur adsorption sur des particules de suies. Ils ont également signalé l'action néfaste de certains produits, dénués par eux-mêmes de pouvoir cancérigène: c'est le cas notamment de l'essence qui, par son action dissolvante, favorise l'atteinte des muqueuses.

Le cancérologue américain KOTIN, et ses collaborateurs, ont montré que les gaz d'échappement des moteurs à essence contenaient, sous forme absorbée dans des particules de suies, toute une série d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, parmi lesquels figure le benzo 3-4 pyrène. Leurs expériences qui ont porté sur un moteur Ford V-8, ont fait apparaître que la production de ces imbrûlés lourds diminue en fonction de la vitesse de rotation du moteur. L'émission maximale a lieu au ralenti et elle tombe lorsque le moteur tourne à son régime normal, contrairement à ce qui se passe pour les moteurs Diesel, mal réglés qui peuvent devenir une source importante de production de benzo 3-4 pyrène (des quantités de l'ordre de 2500 microgrammes à la minute ont été trouvées). Par contre, s'il est correctement réglé et allumé, un moteur Diesel ne produit pratiquement pas d'imbrûlés lourds, quelle que soit sa charge, aussi bien en accélération qu'en décélération.

Un autre aspect de la pollution de l'air par les véhicules automobiles est représentée par la dissémination des poussières dûes à l'usure des pneumatiques qui contiennent des noirs de carbone ajoutés au caoutchouc. Dans ces poussières se trouvent également, entre autres, les goudrons et les asphaltes utilisés pour le revêtement des rues. Or, les goudrons et certains noirs de carbone, obtenus par combustion incomplète de différentes matières, contiennent des hydrocarbures polycycliques aromatiques et en particulier du benzo 3-4 pyrène.

En France, le Professeur MOUREU effectue depuis 1959, au Laboratoire Municipal de la Préfecture de Police, la recherche du benzo 3-4 pyrène dans les poussières recueillies dans la banlieue ouest et dans Paris (18 jauges d'Owen). Les taux de ce corps, exprimés en microgrammes pour 100 m2 et par mois, ont été

les suivants , pour l'année 1959 :

Localités	Nombre de jauges	Taux de benzo 3-4 pyrène
Villeneuve-la-Garenne	2	10,3
Gennevilliers	4	21,6
Colombes	5	15,9
Nanterre	4	16,3
Laboratoire Municipal (Paris XVième)	1	3,7
Région du nord de la France (par comparaison)	4	320

Une jauge à Gennevilliers a recueilli des quantités importantes (93 et 119 microgrammes/m2) respectivement pour le mois de septembre et octobre: c'est un cas particulier de pollution locale qui fut retrouvé lors des dosages effectués en 1960 (110 microgrammes/m2).

Le taux trouvé à Paris est nettement plus bas. Il semble donc bien que, dans la région parisienne, le benzo 3-4 pyrène provienne des foyers domestiques et des industries et non de la circulation automobile car le taux de CO trouvé dans ces localités n'est en moyenne que 2,8 ml/m3 d'air, alors qu'à Paris il est de 15,2 ml/m3.

Mais le niveau de pollution en benzo 3-4 pyrène de la banlieue Ouest est moins élevé que dans d'autres régions de la France (le nord par exemple) en raison de la densité relativement faible de la banlieue Ouest, en partie résidentielle.

En 1960, le nombre de jauges a été porté à 23 (1 à Bièvre et 4 à Paris). Les chiffres trouvés ont été nettement plus bas que ceux de l'année précédente, de l'ordre de 1 à 2 microgrammes/m2 , mais l'année 1960 a été caractérisée, dans l'ensemble, par un faible degré de pollution, ainsi que le montrent les résultats des analyses des poussières effectuées par le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris.

Les 4 jauges supplémentaires ont été placées à la Maison de Santé des Gardiens de la Paix, à la Préfecture de Police, au Garage Mac Donald de la Préfecture de Police et à l'annexe de l'Hôpital Beaujon. Les dosages effectués sur les poussières recueillies sur les toits élevés de la Préfecture de Police ont accusé un taux de benzo 3-4 pyrène de 18,2 microgrammes pour le mois d'octobre, alors qu'il est redevenu pratiquement nul pour les mois de novembre et décembre 1960. Il semble donc correspondre à la période de remise en marche des moyens de chauffage.

Il apparaît donc que, en France tout au moins, les principales sources de dissémination de benzo 3-4 pyrène dans l'air soient les foyers domestiques et industriels.

Le Professeur SHABAD (U.R.S.S.) signale le cas de deux villes voisines, en Sibérie, qui avaient des teneurs en benzo 3-4 pyrène très différentes; l'une d'elle (Irkoutsk), relativement ancienne, chauffée au charbon avec des poêles anciens, parsemée d'entreprises industrielles, accusait des taux

très forts de benzo 3-4 pyrène. L'autre au contraire (Angarsk) n'existant que depuis 12 ans a été bâtie de façon rationnelle. Les usines sont séparées du reste de la ville par 2 à 3 kilomètres de forêts, les combustibles utilisés par l'industrie sont brûlés parfaitement, les cheminées sont munies d'appareils retenant les fumées, le chauffage des habitations est assuré par l'eau chaude provenant des usines. Les mesures effectuées dans cette ville par temps de neige n'ont permis de découvrir que 0,02 mg de benzo 3-4 pyrène par m2, pendant 6 mois, soit 7 fois moins que dans les parcs et jardins de Léningrad.

L'OXYDE DE CARBONE ET LA POLLUTION DE L'ATMOSPHERE

Le taux de CO considéré comme "normal" dans le sang a été très discuté. Le Professeur FABRE, dans son Traité de Toxicologie, admet que l'intoxication chronique, traduite par une legère céphalée après une longue exposition débute à une concentration atmosphérique de 1/10.000 (ou 100 p.p.m.), conduisant à la formation de 9,6% d'hémoglobine oxycarbonée et à 24 cm3 de CO par litre de sang.

Le Professeur LOEPER a effectué en 1936, en France, des travaux sur le taux du CO sanguin. L'augmentation de ce taux serait dû, d'après lui à un trouble du métabolisme des hydrates de carbone, la dégradation des hexoses aboutissant à la formation de CO au lieu de CO_2 , non pas directement mais plus probablement par l'intermédiaire des acides oxaliques et peut-être tartriques et lactique, chaînons du métabolisme des sucres; il va sans dire qu'une oxygénation insuffisante est la condition essentielle à la formation de CO, dans cette hypothèse. Il admet comme normale une oxycarbonémie allant jusqu'à 3 cm3 par litre, dosée par la méthode de Nicloux.

NICLOUX mit le premier au point une technique complète d'extraction et d'analyse des gaz du sang. Le sang à analyser est mis en présence d'acide phosphorique chauffé dans le vide: l'hémoglobine se transforme rapidement en hématine et libère le CO qu'elle contient; on recueille en même temps les autres gaz du sang, d'où nécessité de procéder à une analyse. Celle-ci se faisait par le procédé eudiométrique. Grâce à ce procédé, il trouva un chiffre moyen de 1,5 cm3 par litre de sang, chez un sujet normal. On a accusé cette méthode de fournir des chiffres trop élevés; c'est la raison pour laquelle l'analyse des gaz extraits est pratiquée le plus souvent suivant une technique mise au point par KOHN-ABREST, dont voici le résumé:

Après extraction des gaz au moyen d'un appareillage modifié par TRUFFERT, ne nécéssitant qu'un chauffage à 100 degrés, on recueille les gaz sur cuve à mercure; ensuite, après différents traitements chimiques, l'absorption du CO se fait par une solution chlorydrique de chlorure cuivreux.

CLAUDE, dans sa thèse (1943) s'est livré à des comparaisons et a abouti à la conclusion que la méthode eudiométrique était susceptible de fournir un excès gazeux allant de 0,4 à 1,6 cm3, pour des résidus provenant d'un litre de sang.

Le Professeur DESOILLE considère le taux de 4°/oo par la méthode de KOHN-ABREST et de 6°/oo par celle de NICLOUX comme la limite supérieure de la normale, mais il signale que la fumée de tabac contient du CO et l'on a montré que les fumeurs, surtout ceux qui inhalent la fumée peuvent présenter des taux d'oxycarbonémie anormalement élevés. Un gramme de tabac, soit la valeur d'une cigarette peut produire de 20 à 80 cm3 de CO.

220 dosages d'oxycarbonémie effectués au Laboratoire de Toxicologie de l'Institut Médico-légal ont permis à FLEURIOT (thèse de 1953) de préciser les limites au-delà desquelles on peut vraiment parler d'intoxication sans préjuger de son origine exo ou endogène. Ces dosages ont été effectués chez des sujets non suspects d'intoxication professionnelle ou porteurs de maladie grave. Parmi ceux-ci, 110 personnes considérées comme susceptibles d'être exposées au dégagement de CO, ont présenté une moyenne de 4,60 cm3 de CO ; les 110 autres dosages ont été effectués chez des sujets non exposés au CO.

Les taux d'oxycarbonémie se trouvent répartis comme suit:

57,8%	(Taux inf. à 2°/oo	59 cas	26,9%
	(" de 2,1 à 3°/oo	35 "	15,9%
	(" de 3,1 à 4°/oo	33 "	15,06%
	" de 4,1 à 5°/oo	27 "	12,3%
	" de 5,1 à 6°/oo	23 "	10,5%
	" de 6,1 à 7°/oo	11 "	5,06%
	" de 7,1 à 8°/oo	13 "	5,93%
	" de 8,1 à 9°/oo	6 "	2,74%
	" de 9,1 à 10°/oo	4 "	3,65%
	" de 10 à 15°/oo	4 "	1,82%

Le taux moyen est de 4,077 cm3 au litre, qui correspond à la limite supérieure de la normale pour la plupart des auteurs. Ces dosages ont été effectués aussi bien en hiver qu'en été afin d'éliminer une cause éventuelle d'intoxication chronique par les appareils de chauffage.

Dix-huit dosages ont donné des taux égaux ou supérieurs à 9°/oo (dont un cas à 15°/oo) : il s'agissait de 18 grands fumeurs - 20 cigarettes au minimum, 50 au maximum (15°/oo de CO dans le sang).

Ainsi, il est donc nécessaire de choisir des sujets non fumeurs pour apprécier les effets de la pollution atmosphérique sur le taux de l'oxycarbonémie.

Le Professeur SERRUYS (du C.N.A.M.) a récemment calculé, en se basant sur la consommation d'essence dans le département de la Seine (1 700 tonnes par jour) que cinq cent mille m3 de CO sont répandus chaque jour du seul fait de la circulation automobile. Ce gaz est toutefois extrêmement diffusible dans l'air; il est néanmoins interessant d'étudier sa répartition dans l'atmosphère de Paris.

Le Laboratoire Municipal de la Préfecture de Police effectue à ce sujet des prélèvements d'air dans les voies où la circulation est la plus intense.

On considère actuellement qu'une teneur de dix cm3 (ou ml) de CO par m3 d'air est sans action nocive. Ce n'est qu'à partir de cent cm 3 par m3 que des troubles légers peuvent se manifester.

La moyenne générale des prélèvements effectués à Paris, en 1959, dans des endroits de grande circulation a montré que la concentration en oxyde de carbone est en moyenne de 14,8cm3/m3, soit 5 fois plus élevée que celle observée dans la proche banlieue parisienne

En 1960, 317 emplacements caractéristiques d'une grande circulation ont été sélectionnés. 15 120 prélèvements instantanés d'atmosphère ont été effectués à hauteur d'homme, grâce à des tournées effectuées régulièrement.

La moyenne de la concentration en CO, pour l'année 1960, s'établit à 22,4cm3/m3, donc à un taux nettement supérieur à la moyenne de 1959. Elle coincide avec une augmentation de l'intensité de la circulation automobile.

Les teneurs moyennes annuelles en CO se répartissent comme suit pour les 317 emplacements choisis:

- 85% environ d'entre eux ont des taux de pollution inférieurs à 30 cm3/m3,
- 44% se situent entre 20 et 30 cm3/13
- dans 15% des emplacements, le taux de 40 cm3/m3 a été dépassé mais aucun n'a atteint le niveau de 60 cm3/m3, correspondant à une pollution sérieuse.

Dans l'ensemble, malgré une augmentation constante au cours des années, les taux moyens en CO de l'air de Paris se situent habituellement très au dessous de 100cm3/m3. Ce maximum a été toutefois atteint au cours de certains prélèvements effectués notamment rue Pierre Charron, rue des Saints-Pères, Faubourg Poissonnière et même a été dépassé (un taux de 200 cm3 a été relevé rue de Rohan).

En règle générale, les niveaux de pollution les plus élevés se rencontrent dans les arrondissements du centre (III°, VIII°, IX°, X°), et les moins élevés dans les arrondissements périphériques (XII°, XIII°, XIV°, XX°). De même, durant les mois d'avril, juin, août, périodes de congés, les taux sont les moins élevés.

Le niveau de pollution est aussi influencé par la vitesse moyenne du vent et la largeur des rues: par exemple les grandes artères de la zone sud (V°, VI°, XII°, XIV°) ont un taux de CO bas, malgré l'intense circulation qui y règne.

C'est le cas du Boulevard Saint-Michel qui longe de grands espaces libres (jardin du Luxembourg, quais de la Seine, etc...). De même dans la zone ouest du département de la Seine, très dégagée et boisée la pollution oxycarbonée y est négligeable. Il en est de même dans les rues peu fréquentées par les voitures. On a également remarqué que l'air n'est pratiquement plus polluée par les gaz d'échappement émis sur la chaussée, dès le deuxième étage des immeubles situés dans des rues bien ventilées.

Pour avoir une idée exacte de l'influence du CO de l'atmosphère, il convient de rechercher son taux dans le sang des habitants d'une grande ville comme Paris. L'oxyde de carbone a en effet une affinité spéciale pour l'hémoglobine du sang sur laquelle il se fixe en formant un pigment sanguin nouveau impropre à véhiculer l'oxygène: la carboxyhémoglobine. La stabilité de celle-ci est d'ailleurs relative car l'oxygène, à une concentration suffisante, est capable de reprendre la place du CO, l'hémoglobine étant ainsi régénérée.

Une méthode de microdosage a été mise au point par le Professeur MOUREU et ses collaborateurs au Laboratoire Municipal de la Préfecture de Police. Elle permet de ne prélever que 0,1 à 0,2 cm3 de sang et la détermination du taux de CO sanguin s'effectue en une dizaine de minutes. De très nombreux prélèvements ont pu ainsi être effectués.

L'analyse quantitative du CO dans un gaz est très longue et difficile par voie chimique. C'est pourquoi laboratoires et industries font appel à un procédé physique de mesure, celle-ci étant continue et entièrement automatique (procédés Hartmann & Brown, O.N.E.R.A.). Il existe en effet une zone d'absorption en infra-rouge spécifique à l'oxyde de carbone: la comparaison entre l'absorption infra-rouge du gaz à analyser et un échantillon témoin permet d'obtenir la teneur en CO, après étalonnage de l'appareil. Cette méthode, utilisant la technique électronique, est particulièrement sensible, puisqu'à un millimètre de déviation de l'appareil de mesure, correspond environ une teneur en CO de un millionième. Le Laboratoire Municipal utilise cette méthode pour effectuer les dosages de CO dans l'atmosphère; de même, ce procédé est utilisé au Laboratoire de Moteurs du Conservatoire des Arts et Métiers pour l'analyse des gaz d'échappement de moteurs de voitures automobiles.

Il est également possible de doser le CO du sang par ce procédé. L'oxyde de carbone, libéré du sang par la technique classique de NICLOUX (action de l'acide phosphorique dilué sur le sang, à ébullition), est chassé par un gaz neutre dans le tube-laboratoire de l'appareil de mesure de telle sorte que tout le CO est entré avant qu'il ne commence à sortir; l'appareil indique alors la quantité (pondérale) d'oxyde de carbone dans le tube-laboratoire. La très grande sensibilité de ce dispositif permet de n'utiliser que très peu de sang: 1 cm3 de sang, contenant 1‰ de CO donne 10 millimètres de déviation. Il est même possible de n'utiliser que 0,1 cc de sang, permettant ainsi des analyses répétées sur des animaux de laboratoire.

C'est en utilisant cette technique qu'ont été réalisés les nombreux dosages de CO dans le sang de personnes respirant l'air pollué des rues de la capitale.

Deux expériences ont été réalisées par le Professeur MOUREU sur 36 volontaires, tous non fumeurs, qui avaient été placés les 15 et 22 janvier 1957, pendant trois heures sur des voies à circulation intense.

Simultanément, des prélèvements d'air ont été effectués aux endroits précis où se trouvaient ces sujets, en vue de déterminer les teneurs moyennes en CO de l'air qu'ils respiraient.

La moyenne des résultats obtenus, tant sur les prélèvements de sang que sur les échantillons d'air, sont les suivants:

- lors de la première expérience:

teneur moyenne du CO dans l'air: 8 cm3/m3; celle du CO_2: 525 cm3/m3

" " du CO sanguin : avant l'expérience: 3,4‰
après " : 5,1‰

- lors de la seconde expérience:

teneur moyenne du CO dans l'air : 26 cm3/m3; celle du CO_2: 656 cm3/m3
" " du CO sanguin : avant l'expérience: 5,4‰
après " : 7,1‰

Donc, on trouva un taux sanguin voisin de 6‰, considéré habituellement comme limite de la normale.

Les taux trouvés lors de l'expérience du 22 janvier sont plus élevés que ceux du 15, journée où il soufflait un vent moyen de 20 à 30 km/heure, alors que le 22 le vent était presque nul depuis plusieurs jours, avec légère tendance à la brume.

Cinq mille dosages de CO dans le sang ont été en outre effectués au cours de ces dernières années (dont 1 605 pour l'année 1960),

- d'une part, chez les conducteurs de voituresayant eu un accident et pour lesquels une prise de sang est effectuée en vue du dosage de l'alcoolémie;

- d'autre part, chez des personnes qui se sont présentées volontairement aux services du Laboratoire Municipal.

La comparaison de ces différents dosages a permis de tirer les remarques suivantes:

- le taux d'oxycarbonémie des conducteurs est dans l'ensemble plus élevé que celui des consultants non-conducteurs;

- pour les non-conducteurs, la teneur en CO dans le sang est inférieure à 4‰ dans 45% des cas alors qu'elle ne l'est que dans 8% des cas chez les conducteurs;

- le taux de 10‰ est atteint chez 26% des consultants et 60% de conducteurs;

- 5% des consultants, contre 14‰ de conducteurs ont un taux supérieur à 20‰.

Ces taux, pris dans leur ensemble, et comparés à ceux des années précédentes. ont montré une augmentation générale de l'oxycarbonémie: 45% des conducteurs avaient un taux inférieur à 4‰ en 1958; de même, chez les non-conducteurs le taux moyen d'oxycarbonémie s'est légèrement accru.

Les conducteurs d'automobiles qui circulent dans les voies où la circulation est intense sont donc exposés à l'inhalation des gaz d'échappement des voitures lesprécédant, sans doute par l'intermédiaire des appareils de ventilation et de chauffage qui aspirent l'air extérieur au niveau des tuyaux d'échappement des moteurs.

Il est donc certain que conducteurs d'automobiles, piétons et personnes travaillant ou habitant au rez-de-chaussée respirent un air pollué par les produits de combustion émis par les voitures.

Si l'on compare ces taux de CO sanguin à ceux trouvés par FLEURIOT chez des sujets non suspects d'intoxication oxycarbonée, on constate que:

57,8 % des dosages mettent en évidence un taux inf. ou égal à 4‰ (FLEURIOT) et 45% des sujets non conducteurs ont un taux inférieur ou égal à 4‰ (MOUREU), donc un pourcentage assez voisin, compte-tenu des différences techniques de dosages. (+)

Par contre, ce taux moyen de 4‰ est dépassé chez 92% des conducteurs, chez lesquels des dosages de carboxyhémoglobinémie ont été pratiqués.

D'autre part, 14% de ces mêmes personnes ont un taux supérieur à 20‰, contre 5% seulement chez des individus pris au hasard.

Ces chiffres dépassent ceux trouvés par FLEURIOT chez les gros fumeurs.

Ils sont le témoignage de la pollution de l'air par les gaz d'échappement des véhicules automobiles, qui, outre l'oxyde de carbone, renferment aussi des imbrûlés.

On peut donc craindre à juste titre que plus le taux d'oxycarbonémie est élevé plus l'air respiré risque de renfermer des corps nocifs, parmi lesquels des hydrocarbures.

(+) Le calcul statistique montre qu'il n'y a pas de différence "significative" entre ces deux pourcentages.

LES MOYENS DE PREVENTION DE LA POLLUTION DE L'ATMOSPHERE

Les périodes de "smog" mettent clairement en évidence le danger, habituellement latent, que présentent les différents polluants de l'atmosphère.

Si l'on examine les différentes sources de cette pollution, on voit que les moyens de prévention sont différents.

Les industries : Elles émettent, en grande quantité,de nombreux produits nocifs. Mais nous avons vu qu'elles sont soumises à la législation des Etablissements Classés et qu'elles sont surveillées par les Inspecteurs des dits Etablissements. De plus, les industriels disposent des moyens économiques nécessaires à la mise en oeuvre des procédés adéquats pour réduire au minimum l'élimination des polluants. Au fur-et-à mesure du développement de la technique de récupération des produits émis, l'épuration de ceux-ci deviendra de plus en plus parfaite. Le type de prévention totale est représentéepar l'industrie atomique: la radioactivité de l'air à l'alentour des "piles" n'est pas plus forte que dans l'ensemble du territoire.

Les foyers domestiques : ce sont surtout ceux-ci qui sont responsables du plus fort pourcentage de la pollution de l'air de Paris. Ils échappaient, jusqu'à la promulgation de la loi du 2 août 1961, à tout contrôle pratique car le Règlement Sanitaire du département de la Seine du 1er mars 1940 se révèle d'une application à la fois difficile et délicate: il y a environ 3 millions de foyers domestiques à Paris. On se heurte de plus à des problèmes techniques et surtout financiers; par exemple, pour le surélèvement des conduits de fumée en vue d'assurer le tirage défectueux des cheminées(difficulté de construire des souches le long d'un mur mitoyen).

La solution rationnelle du problème posé par la pollution de l'air par les foyers domestiques consiste dans l'emploi de combustibles liquides ou solides dont la teneur en soufre soit ramenée à un taux très bas. Le taux maximum autorisé va être de 0,8% D'autre part, les caractéristiques physico-chimiques doivent être étudiées pour que la combustion soit parfaite avec les types de brûleurs existants. Les charbons maigres (anthracite, coke) doivent être préférés aux charbons gras produisant beaucoup de fumée.

Une amélioration très nette est obtenue par la réduction du nombre de foyers domestiques, par l'utilisation du chauffage collectif; les mêmes résultats sont atteints par le développement du chauffage urbain, dont les chaudières sont conduites par du personnel spécialisé. Il ne couvre actuellement que 5% des besoins.

Le chauffage par l'électricité ne peut prendre actuellement une grande extension en raison du coût très élevé de cette source de chaleur. Par contre l'emploi, qui tend à se généraliser, d'appareils de chauffage au gaz apparaît comme une très bonne solution, à la condition toutefois que les usines de production soient éloignées des agglomérations. Malheureusement, la production gazière ne pourra couvrir tous les besoins avant un certain nombre d'années, car il lui faut notamment assurer les pointes de consommation pendant les pé-

riodes de grands froids. En attendant ce développement auquel contribue grandement l'exploitation du gaz naturel (arrivée du gaz de Lacq dans la région parisienne), une action d'ordre psychologique doit être entreprise auprès du public, par la presse, la radio, la télévision, les fabricants d'appareils de chauffage, les bureaux d'hygiène et les assistantes sociales. Une campagne entrant dans le cadre de la politique générale de la propreté de Paris doit également attirer l'attention des enfants sur les méfaits de la pollution de l'air.

Il convient de faire comprendre au public que les foyers domestiques sont une source très importante de la pollution atmosphérique et que les usagers peuvent la réduire eux-mêmes dans une grande proportion en suivant plusieurs recommandations :

- utilisation d'appareils de chauffage bien adaptés aux types de conduits de fumée des habitations et installés convenablement; l'Institut Français de Fonderie a fort bien étudié cette question et délivre une norme de qualité pour ces appareils;

- emploi du combustible convenant à l'appareil choisi, en préférant les charbons maigres anthraciteux aux charbons gras; les charges en combustible seront fréquentes et légères, surtout par temps couvert, évitant ainsi les émissions de fumées noires;

- utilisation du fuel domestique à l'exclusion de tout autre; une décision ministérielle récente se propose d'ailleurs d'obliger les utilisateurs d'appareils à fuel à ne se servir que d'un combustible dont la teneur en soufre n'excède pas 0, 8%.

En se conformant à ces recommandations, chaque citoyen contribuera à assainir l'atmosphère de l'agglomération qu'il habite. Il est évident que l'usager devra faire face, surtout au démarrage de son installation de chauffage, à des frais supplémentaires mais le rendement de ses appareils normalisés sera meilleur et il y gagnera en confort. On pourrait même envisager une aide financière aux propriétaires soucieux de moderniser leurs installations (par exemple, mise en place de chauffage central).

Les voitures automobiles : les quantités de produits nocifs émis par les moteurs des voitures automobiles dépendent beaucoup du réglage et de l'entretien de ces moteurs. Le code de la route interdit l'émission de "fumées pouvant nuire à la sécurité de la circulation et incommoder les usagers de la route". Or ces fumées sont justement le témoignage d'un mauvais état mécanique.

Au cours de la "quinzaine de la fumée", organisée du 15 au 30 juin 1961, les camions circulant sur les boulevards extérieurs de Paris furent conduits à des stations équipées de fumimètres destinés à mesurer l'intensité de la fumée évacuée. Environ 48% des véhicules vérifiés dépassaient le degré de fumée admissible. Ces camions ont dû être soumis à un nouveau contrôle et on a constaté alors que la plupart avaient subi les réglages qui s'imposaient.

L'application de la loi du 2 aout 1961 permettra de lutter contre la pollution causée par la négligence des utilisateurs de véhicules équipés de moteurs Diesel mal réglés, en particulier. Une bonne mesure serait de proscrire les véhicules trop usagés (ou en très mauvais état), en application de

l'ordonnance générale de la circulation promulguée par le Préfet de Police et qui stipule que les véhicules ne doivent pas émettre de fumées susceptibles d'incommoder les passants, de même qu'elle interdit la mise en stationnement d'un véhicule sans arrêt de moteur.

En outre, ainsi que nous l'avons vu, certaines conditions de marche nécessitent un apport plus grand d'essence et sont donc favorables à l'émission d'une plus grande quantité d'imbrûlés, oxyde de carbone, hydrocarbures et carbone pulvérulent.

Les conducteurs devraient être informés des conséquences de certaines manoeuvres de conduite intempestives et il faudrait leur conseiller notamment:

-la marche trop prolongée avec le starter,
-les accélérations inutilement fréquentes ou trop violentes.

Ils devront également veiller au bon réglage du carburateur afin d'éviter une trop grande arrivée d'essence (ce qui est souvent recherché en vue d'obtenir des performances).

Notons qu'en suivant ces conseils, non seulement l'état de l'atmosphère en sera amélioré, mais aussi, facteur convaincant la consommation d'essence se trouvera réduite.

Mais il est bien évident que c'est au stade de la construction des moteurs que les mesures doivent être prises en vue d'éviter que des produits nocifs soient évacués par les véhicules.

Les expériences en cours au Laboratoire de Moteurs à Combustion Interne du Conservatoire National des Arts et Métiers visent à obtenir une amélioration des conditions de combustion. Suivant la théorie indiquée plus haut, il serait possible d'obtenir une combustion complète de l'essence et on aboutira ainsi uniquement à la formation de CO_2 et de H_2O.

LES MOYENS DE REDUIRE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE PAR LES MOTEURS

L'absorption des produits toxiques

Une épuration chimique ou physico-chimique des gaz d'échappement est théoriquement réalisable. Ce procédé est employé dans le cas de certains tracteurs miniers. Cette solution n'est pas applicable pratiquement car elle serait excessivement coûteuse et les appareils utilisés sont encombrants et nécéssitent un entretien constant.

Combustion des imbrûlés en présence d'air additionnel

Cette solution consisterait à mélanger les gaz brûlés à une certaine quantité d'air dans des conditions propices à l'inflammation des imbrûlés. L'expérience montre que pour des teneurs en oxyde de carbone inférieures à 6%,

il est très difficile de réaliser une combustion secondaire; on n'épurerait donc que les gaz très chargés en imbrûlés.

Oxydation catalytique des imbrûlés en présence d'air additionnel

C'est ce que réalisent les épurateurs "oxycats". La teneur en CO dans les gaz à épurer peut être abaissée à des valeurs généralement inférieures à 0,1% ou tout au moins à 0,4%. Mais cette solution n'est applicable qu'à des moteurs alimentés avec une essence exempte de plomb tétraéthyle, elle réclame une place suffisante au voisinage immédiat du moteur, et n'entre en action qu'après une période d'échauffement préalable, le catalyseur ne commençant à agir que pour une température supérieure à 300°C.

Suppression des imbrûlés par amélioration des conditions réalisées par la combustion dans le moteur lui-même

La grande majorité des moteurs dits "à explosion" sont alimentés par un "carburateur". Une dépression est nécessaire pour que l'essence soit émulsionnée et pulvérisée, et cette dépression varie comme le carré du débit gazeux aspiré. Aux basses vitesses de rotation, elle est très faible et les gouttelettes de carburant ont, dans ces conditions, plusieurs dizaines ou centaines de microns de diamètre, d'où formation d'un mélange hétérogène. Par contre, aux grandes vitesses de rotation, la vaporisation partielle, puis totale, des gouttelettes sous l'action des gaz brûlés résiduels donnent un résultat très satisfaisant. C'est pourquoi des recherches ont été entreprises depuis plusieurs années au Laboratoire de Moteurs du C.N.A.M. en vue de parfaire l'homogénéité du mélange carburé, par des dispositifs (1) permettant un brassage énergique et homogène du mélange d'air et des gouttelettes d'essence. Le Laboratoire comprend plusieurs bancs d'essais de moteurs de voitures de séries courantes (Renault 4 CV et Dauphine, Peugeot 203 et 403, etc...). Il est équipé d'un ensemble automatique d'analyseurs de gaz pour la mesure en continu de cinq constituants gazeux:

- un analyseur paramagnétique d'Oxygène,
- " " à infra-rouge du gaz carbonique,
- " " " de l'oxyde de carbone,
- " " " du méthane,
- " " par conductibilité thermique de l'hydrogène.

Les mesures ont été effectuées sur les différents types de moteurs par comparaison avec les réglages habituels de débit de carburant avec des mélanges "pauvres" en combustible et avec des dispositifs d'homogénéisation. La teneur en oxyde de carbone des gaz d'échappement de ces moteurs se trouve ainsi réduite de 60 à 80% de leur valeur normale. Les poussières contenues dans les gaz d'échappement ont été recueillies grâce au capteur électrostatique du professeur PAUTHENIER et photographiées au microscope électronique. Les numérations en différentes grosseurs des particules recueillies dans les différentes conditions d'expérience sont résumées dans le tableau ci-après

---

(1) On a fait récemment une expérience aux Hospices Civils de Lyon sur des véhicules équipés avec ces dispositifs. Les résultats ont montré un abaissement de la quantité de CO émise.

Conditions d'essais: moteur Dauphine Renault	nombre de particules				
	inf. à 0,05 micron	entre 0,05 et 0,1 micron	entre 0,1 et 0,5 micron	entre 0,5 et 1 micron	
Montage de série	329	27	11,5	1,5	
Réglage appauvri de 20% (1)	246	6,5	1,5	1,5	
Réglage adapté	133	4,5	1	0	

On constate que l'hétérogénéïté du mélange gazeux est une cause certaine de production de particules.

Les travaux entrepris au Laboratoire de Moteurs du C.N.A.M. ont montré l'existence d'imbrûlés, notamment de CO et H_2, dans les gaz d'échappement des moteurs réglés en "richesse pauvre", c'est-à-dire utilisant un excès d'air et des valeurs plus élevées de ces corps que la théorie ne le laissait prévoir. P. MAGOT-CUVRU a récemment démontré que, quoiqu'expulsés du moteur à une température de 500 ° C, ces gaz ont une composition chimique correspondant à un équilibre de 1.500° C(et non 500° C), prouvant ainsi que la combustion s'arrête à cette température de 1.500° C, à l'intérieur du moteur. Si la combustion se poursuivait jusqu'à 500° C, le CO continuerait à se combiner à l'oxygène et il y aurait formation de CO_2. De même, tous les composants se trouveraient dégradés jusqu'à leur stade ultime et il n'y aurait plus production d'imbrûlés.

La meilleure solution consiste donc à ajouter à l'essence un catalyseur de combustion qui permet à celle-ci de se poursuivre jusqu'au moment de l'expulsion des gaz hors du cylindre. Il en résulterait une augmentation du rendement et une diminution de la pollution par cette cause. Des études sont en cours sur ce sujet.

En ce qui concerne les moteurs Diesel, les constructeurs perfectionnent sans cesse les dispositifs d'injection et les chambres de combustion. Un procédé d'alimentation mixte, avec emploi de l'alcool éthylique comme carburant favorise la marche en surcharge; or ce n'est que dans ce cas que les moteurs Diesel, bien étudiés et en bon état d'entretien, émettent de fortes quantités de suies. Enfin, l'utilisation des dispositifs d'oxydation catalytique des gaz d'échappement est possible car le gaz-oil ne contient pas de plomb, contrairement à l'essence.

---

(1) Un reglage appauvri de 20% signifie que la quantité d'essence a été diminuée de 20% pour un même volume d'air.

En attendant une mise au point définitive, il serait fort utile de conseiller de réduire le débit du carburant en utilisant un gicleur plus petit, ce qui d'ailleurs implique pratiquement un bon état du moteur. En ce qui concerne les additifs anti-détonants, (qui sont à base de plomb tétraéthyle, de bromure d'éthylène, etc...), les quantités de plomb, phosphore, brome, chlore qu'ils émettent sont très faibles. Beaucoup d'autres produits (comme l'alcool par exemple) pourraient avoir la même action mais ils sont tous beaucoup plus onéreux que ceux employés actuellement.

L'URBANISME ET LA PREVENTION DE LA POLLUTION DE L'ATMOSPHERE

En dehors de ces considérations d'ordre pratique, la prévention de la pollution atmosphérique pose des problèmes plus généraux et plus vastes, notamment celui de la surpopulation urbaine: un cinquième de la population de la France est concentrée sur un centième de sa surface. La densité de population est de 360 habitants à l'hectare, et les espaces libres n'occupent que 9% du sol parisien. La superficie des jardins publics aménagés est de l'ordre de 1 m2 par habitant, mais dans certains arrondissements du centre (2ème, 9ème, 10ème) elle n'est que d'un dixième de mètre carré.

On connait le rôle bienfaisant des espaces verts dans les agglomérations urbaines. Or les espaces verts s'amenuisent progressivement: diminution du nombre des arbres sur la voie publique enlevés pour les besoins de la circulation, disparition des arbres en raison de l'insuffisance de l'ensoleillement.

Il importe donc de protéger les espaces existants et en premier plan les bois de Boulogne et de Vincennes. La création de nouveaux espaces verts autour de Paris est projetée à La Courneuve, à Villetaneuse, à Romainville, car c'est surtout sur le plan de l'urbanisme préventif que les meilleurs résultats peuvent être obtenus.

Tout d'abord l'application du zonage respectif des industries et des zones résidentielles réduira les inconvénients des émissions des foyers industriels. La grande industrie doit être installée dans des zones strictement réservées où l'habitation ne sera tolérée qu'à titre exeptionnel. Ainsi seront évitées les erreurs commises dans la proche banlieue sud-est de Paris où l'on vient de construire des H.L.M. entre une cokerie, une centrale thermique et diverses usines de produits chimiques. Des zones de verdure devraient se trouver à proximité des aires industrielles; elles auraient un rôle de détection par l'examen de la végération et un rôle de protection.

La multiplication des espaces verts permettra aussi de lutter contre la pollution produite par les foyers domestiques et par les voitures automobiles: larges rues bordées d'arbres, constructions en retrait d'immeubles entourés de jardins. On s'oriente actuellement vers la construction des grands immeubles en hauteur de préférence aux pavillons isolés: cette solution permet d'avoir

des espaces verts plus étendus et une diminution du nombre de cheminées peu élevées, causes de pollution des couches basses de l'atmosphère.

Un décret a été promulgué le 25 septembre 1961 tendant à favoriser la création ou l'aménagement d'espaces verts tels que: promenades, parcs ou jardins accessibles au public. Des subventions de l'Etat pourront être accordées aux communes, dans ce but.

Les Professeurs BESSON, BOYER etCHAMPOLLION dans une communication à l'Académie Nationale de Medecine, en juin 1962, ontproposé "d'abandonner l'idée d'une extension circulaire de la ville et de ses cités satellites au profit d'une conception audacieuse qui consiste à préparer des plans d'agglomérations linéaires". Ce mode de construction aboutirait à un développement unidimensionnel, perpendiculaire à la direction dominante des vents et comporterait une double file : côté au vent dominant : les groupes résidentiels ; côté sous le vent dominant : les usines, gares, etc..., les deux alignements communiquant par des routes à sens unique, à travers une zone verte les séparant(les ensembles bâtis ne dépassant pas une largeur de 5 à 8 kilomètres).

Il n'y a pas de doute que si l'on veut réellement trouver la solution du problème que constitue la pollution atmosphérique, c'est à la surpopulation qu'il faut s'attaquer et c'est la décentralisation qui constitue le remède idéal. Malheureusement, elle ne peut être réalisée qu'à longue échéance, surtout pour des villes comme Paris où existet une interpénétration entre les habitations et les industries.

En attendant l'application de ces mesures de grande envergure, la loi du 2 août 1961 prévoit des décrets qui détermineront les conditions dans lesquelles seront prises les mesures nécessaires pour lutter efficacement contre la pollution de l'air des villes , aussi bien par les industries que par les foyers domestiques et les véhicules automobiles.

C'est le Ministère de la Santé Publique et de la population qui est chargé de coordonner les mesures à prendre par le Ministère des Travaux Publics pour la circulation automobile, le Ministère de l'Industrie pour le contrôle des Etablissements incommodes ou insalubres, le Ministère de la Construction pour la surveillance des dispositifs de chauffage et pour la salubrité des immeubles.

La campagne de "Zone sans fumée" lancée à Paris, en 1960, par le Préfet de la Seine est un témoignage de l'intérêt que les Pouvoirs Publics portent au problème de la pollution de l'air.

Dans le même ordre d'idées, plusieurs "villes sans fumée" se sont efforcées de réaliser un programme de lutte contre la pollution atmosphérique. Ainsi la Municipalité de Boulogne (Seine) a pris l'initiative de créer une "ville sans fumée". Ce résultat pourra être obtenu avec la collaboration des industriels et surtout par la discipline de tous les usagers de foyers de combustion. Neuf appareils de mesure ont été placés spécialement, en 1961, par le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris. Des résultats satisfaisants seront certainement obtenus d'autant plus que Boulogne répond aux

conditions nécessaires pour devenir une zone sans fumée : superficie étendue entourée d'une ligne de verdure (côteaux de Saint-Cloud, bois de Boulogne), malgré l'existence de la pollution créée par sa situation géographique (présence de gros ensembles industriels).

Il ne fait pas de doute que les efforts entrepris apporteront les améliorations escomptées. A titre d'exemple, nous ne ferons que citer la ville de Pittsburg (Pensylvanie U.S.A) réputée à l'époque pour ses célèbres "smogs". Une ordonnance de 1941 interdit l'émission de fumées, tous les foyers devant être équipés de sorte qu'elles ne puissent être dispersées. Les mesures imposées furent draconniennes et sanctionnées par de fortes amendes mais des résultats remarquables furent obtenus dès 1943 : le total des heures enfumées, qui étaient de 927 par an est passé à 307, soit une diminution de 67%.

C O N C L U S I O N

Les causes de la pollution de l'air des villes s'accroissent en fonction du développement économique. Les industries, sources nombreuses et variées de production de produits nocifs, ne sont cependant pas les plus nuisibles en raison des mesures prises pour éviter l'émission des polluants et du fait de l'application rigoureuse des lois régissant les Etablissements Classés.

Les foyers domestiques, par contre, sont une grande cause de pollution de l'atmosphère. C'est vers le contrôle de ceux-ci que les pouvoirs publics doivent s'orienter, tant du point-de-vue de l'éducation des utilisateurs, que de la surveillance des installations et du contrôle de la qualité des combustibles.

Les gaz d'échappement des voitures automobiles sont surtout dangereux par les imbrûlés qui s'y trouvent et dont le taux d'oxyde de carbone sert actuellement de test de combustion insuffisante. C'est vers une technique permettant la combustion complète des carburants que doivent tendre les laboratoire de recherche.

En fait, les progrès industriels, les intérêts économiques et l'hygiène urbaine se développent parallèlement : les sources de production de polluants s'accroissent en même temps que les moyens techniques et juridiques pour les combattre.

Bien entendu, le rôle essentiel revient à un urbanisme judicieusement étudié en fonction des besoins de la vie présente et future des habitants des villes.

Vu le Président du Jury

M. DEPARIS

Vu le Doyen de la Faculté de Médecine de Paris

L. BINET

Vu et permis d'imprimer,
Le Recteur de l'Académie de Paris

J. ROCHE

Bibliographie

Revue de l'ASSOCIATION POUR LA PREVENTION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE:
Tome I, n° 1, 2, 3, 4 (année 1959);
tome II, n° 1, 2, 3, 4 (année 1960);
tome III, n° 1, 2, 3, 4 (année 1961);
tome IV, n° 1, 2 (année 1962).

L. J-BESANCON & Ch. DEBRAY : "Les climats urbains"
La Semaine des Hopitaux- 6 avril 1950.

BESSON, BOYER & CHAMPOLLION : "Pollution atmosphérique et urbanisme"
Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine- Séance du 26 juin 1962.

J. BOYER : PRECIS D'HYGIENE
2de édition, 1955.

CLAUDE : "Détermination des oxycarbonémies légères et leur signification
Thèse Paris 1943.

H. DESOILIE : Cours de MEDECINE DU TRAVAIL
2de édition, 1957.

FLEURIOT : "Sur le taux de l'oxyde de carbone dans le sang en dehors des intoxications avérées"
Thèse Paris 1953

E. GORHAM : "La bronchite et l'acidité des précipitations sur les villes"
The Lancet, septembre 1958.

LOEPER : "A propos de l'oxycarbonémie"
Soc. Med. Hyg. - 27 juin 1941.

P. MAGOT-CUVRÛ & J. MULLETIN : "Mise au point d'une solution universelle des problèmes d'équilibres chimiques"
IIème Congrès International de l'Association pour l'Encouragement à la Recherche Aéronautique- Paris, juin 1959.

M. MAISONNET : "Contribution à l'étude des germes de l'air. Description et expérimentation d'un nouvel appareil permettant l'analyse bactériologique de l'air"
Thèse Paris 1955.

A. R. MEETHAM : "Atmospheric Pollution; its origins and prevention"
Pergamon Press; Londres 1956.

MERVILLE & LESPAGNOL : "Etude de la pollution de l'atmosphère autour de certaines usines de la région du Nord"
Bulletin de la Société de Pharmacie de Lille- 1959.

du MESNIL du BUISSON : "Contribution à l'étude de l'influence du climat sur les variations des taux de mortalité dans la Région Parisienne"
Thèse Paris 1957.

H. MOUREU : "Etude de la pollution de l'atmosphère du N-O du Dept de la Seine" Opération Boucle de la Seine
Laboratoire Municipal 1959-1960- juin 1961.

H. MOUREU, P. CHAUVIN, L. TRUFFERT & J. LEBBE : C-R Ac. Sc. 1958, 247 p. 552.

ONDE ELECTRIQUE : revue; octobre 1955.

E. PELLETIER : "La conjoncture économique dans le département de la Seine"
Imprimerie Municipale de l'Hotel-de-Ville- 4ème trimestre 1957.

V. RAYMOND : "Mortalité et pollution atmosphérique dans la région parisienne"
Ier Congrès International pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique- Paris, novembre 1960.

J. RIVIERE : "Fumées industrielles et pollution atmosphérique des villes"
Thèse Paris 1958.

J. SANSON : "Le climat de la grippe"
La Semaine des Hopitaux- 6 avril 1950.

M. SERRUYS : "Les gaz d'échappements des moteurs et l'hygiène publique et privée"
Société des Ingénieurs de l'Automobile- Dunod 1957.

M. SERRUYS : "Les substances nocives des gaz d'échappement des véhicules automobiles"
Science et Technique; vol. 82, n° 5, novembre 1959.

M. SERRUYS : "Les moteurs à combustion interne et le problème de la pollution atmosphérique"
Revue de Pathologie Générale et de Physiologie Clinique; n° 731, octobre 1961.

TRILLAT : C-R Ac. Sc.; 1929, 172, p. 339.

R. TRUHAUT : "Sur les risques pouvant résulter de la pollution de l'air des villes et sur les moyens de lutte à mettre en oeuvre"
Revue de l'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique- Tome 4, n°1, janv-mars 1961.

Table des matières

3 Définition;

5 Les produits de combustion des foyers domestiques et industriels;

8 Les fumées industrielles;

12 Pollution de l'atmosphère et radioactivité;

14 Programme d'étude de la pollution atmosphérique de la région parisienne;

20 Les microbres de l'air;

21 Les effets de la pollution de l'atmosphère sur les végétaux;

22 Les effets de la pollution de l'atmosphère sur l'organisme humain;

29 Influence des facteurs météorologiques sur la pollution atmosphérique;

33 La pollution de l'atmosphère par les véhicules automobiles;

40 L'oxyde de carbone et la pollution de l'atmosphère;

46 Les moyens de prévention de la pollution de l'atmosphère;

48 Les moyens de réduire la pollution atmosphérique par les moteurs;

51 L'urbanisme et la prévention de la pollution de l'atmosphère;

54 CONCLUSION.

55 BIBLIOGRAPHIE.

Hors-texte: Planche de figures.

Table des matières

3 Définition;

6 Les produits de combustion des foyers domestiques et industriels;

8 Les fumées industrielles;

12 Pollution de l'atmosphère et radioactivité;

14 Programme d'étude de la pollution atmosphérique de la région parisienne;

20 Les microbes de l'air;

21 Les effets de la pollution de l'atmosphère sur les végétaux;

22 Les effets de la pollution de l'atmosphère sur l'organisme humain;

25 Influence des facteurs météorologiques sur la pollution atmosphérique;

33 La pollution de l'atmosphère par les véhicules automobiles;

40 L'oxyde de carbone et la pollution de l'atmosphère;

46 Les moyens de prévention de la pollution de l'atmosphère;

48 Les moyens de réduire la pollution atmosphérique par les moteurs;

51 L'urbanisme et la prévention de la pollution de l'atmosphère.

54 CONCLUSION.

55 BIBLIOGRAPHIE.

Hors-texte: Planche de figures.

AGEMP
POLYCOPIE
8, rue Dante
PARIS-Ve
Téléphone : ODÉon 58-97